農業試驗所120週年所慶系列學術活動

104年
土壤肥力與植物營養應用回顧與展望研討會
論文集

行政院農業委員會農業試驗所 編印

中華民國104年9月16~17日

農業試驗所

120 週年所慶系列學術活動

土壤肥力與植物營養應用回顧與展望
研討會專集

李艷琪、黃維廷、譚增偉、郭鴻裕　彙編

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所
協辦單位：行政院農業委員會桃園區農業改良場
行政院農業委員會苗栗區農業改良場
行政院農業委員會臺中區農業改良場
行政院農業委員會臺南區農業改良場
行政院農業委員會高雄區農業改良場
行政院農業委員會臺東區農業改良場
行政院農業委員會花蓮區農業改良場
行政院農業委員會茶業改良場
財團法人台灣香蕉研究所
行政院農業委員會農糧署
國立臺灣大學農業化學系
國立中興大學土壤環境科學系
國立屏東科技大學農園生產系

行政院農業委員會農業試驗所　編印

中華民國 104 年 9 月

A academic event for 120 anniversary of Agricultural Research Institute

Symposium on retrospect and prospect of the application and research of soil fertility and plant nutrition on crop production

Edited by

Y. C. Lee, W. T. Huang, T. W. Tan, and H. Y. Guo

Organized by and with

Agricultural Research Institute, COA, Executive Yuan

Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, COA, Executive Yuan

Miaoli District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Taichung District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Tainan District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Kaohsiung District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Taitung District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Hualien District Agricultural Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Tea Research and Extension t Station, COA, Executive Yuan

Taiwan Banana Research Institute

Agriculture and Food Agency, COA, Executive Yuan

Department of Agriculture Chemistry, National Taiwan University

Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science and Technology

Published by

Agricultural Research Institute, COA, Executive Yuan

September, 2015

土壤肥力與植物營養應用回顧與展望
研討會議程

會議時間：104 年 9 月 16~17 日(星期三~四)
會議地點：行政院農業委員會農業試驗所農民學院大樓國際會議廳
主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所
活動議程：

	104 年 9 月 16 日(星期三)	
時　間	**主　　題**	**主持人與講者**
08：30 - 09：00	報到、領取會議資料	
09：00 - 09：20	開幕式暨團體照	陳所長駿季
	第一節主持人	**郭組長鴻裕**
09：20～09：50	土壤肥力與植物營養之回顧與展望	譚增偉
09：50～10：20	土壤肥力與植物營養診斷技術應用於北部地區問題土壤之改善	莊浚釗
10：20～10：35	**休息與茶敘**	
10：35～11：05	土系間氮肥用量對水稻產量與養分吸收之影響	吳添益
11：05～11：35	臺中區水稻施肥管理回顧與展望	陳鴻堂
	第二節主持人	**鍾仁賜**
11：35～12：05	台灣地區水稻氮肥效應之比較與肥料推薦系統建立	江志峰
12：05～13：00	**午餐及休息**	
13：00～13：30	水稻氮肥對生育及病蟲害之影響	廖勁穎
13：30～14：00	苗栗地區水芋施肥推薦	蔡正賢
14：00～14：30	臺中區重要經濟果樹營養診斷回顧與展望	郭雅紋
	第三節主持人	**王鐘和**
14：30～14：50	**休息與茶敘**	
14：50～15：20	蓮霧合理化施肥與草生栽培	林永鴻
15：20～15：50	蜜棗肥培管理技術之建立	蘇博信
15：50～16：20	花蓮地區文旦肥培管理研究回顧	徐仲禹
16：20～16：50	荔枝果園營養管理與診斷	向為民
16：50～	**休息**	

	104 年 9 月 17 日(星期四)	
時　間	主　　題	主持人與講者
	第四節主持人	陳仁炫
08：30～09：00	香蕉園的土壤與營養管理	蔣世超
09：00～09：30	復耕番荔枝果園之肥料試驗	張繼中
09：30～10：00	鳳梨土壤管理與施肥推薦參考資訊	黃維廷
10：00～10：20	**休息與茶敘**	
	第五節主持人	黃裕銘
10：20～10：50	茶樹氮肥施用推薦用量之研究	蘇彥碩
10：50～11：20	養液滴灌應用於設施蔬果栽培之研究	潘佳辰
11：20～11：50	養液栽培在農業上的應用回顧與展望	張庚鵬
11：50～12：20	新型肥料的發展	張瑞明
12：20～	**午餐與賦歸**	

目　錄

土壤肥力與植物營養之回顧與展望
--譚增偉------1
土壤肥力與植物營養診斷技術應用於北部地區問題土壤之改
--莊浚釗、湯雪溶-----11
土系間氮肥用量對水稻產量與養分吸收之影響
--吳添益、蔡正賢-----23
臺中區水稻施肥管理回顧與展望
--陳鴻堂、郭雅紋、曾宥綋-----41
台灣地區水稻氮肥效應之比較與肥料推薦系統建立
--江志峰-----55
水稻氮肥對生育及病蟲害之影響
---廖勁穎、張繼中、黃文益、梁佑慎-----71
苗栗地區水芋施肥推薦
--蔡正賢、吳添益-----89
臺中區重要經濟果樹營養診斷回顧與展望
--郭雅紋、賴文龍-----99
蓮霧合理化施肥與草生栽培
--林永鴻----105
蜜棗肥培管理技術之建立
--蘇博信、江筱慧----119
花蓮地區文旦肥培管理研究回顧
--徐仲禹、倪禮豐----129
荔枝果園營養管理與診斷
--向為民----139
香蕉園的土壤與營養管理
---蔣世超、張春梅、李亞璇、鍾貴香----147
復耕番荔枝果園之肥料試驗
--張繼中、廖勁穎、黃文益、盧柏松----161
鳳梨土壤管理與施肥推薦參考資訊
--黃維廷、官青杉、郭鴻裕----171
茶樹氮肥施用推薦用量之研究
------------蘇彥碩、劉千如、邱喬嵩、黃惟揚、高翊超、蔡憲宗、蕭建興----229
養液滴灌應用於設施蔬果栽培之研究
---江汶錦----239
養液栽培在農業上的應用回顧與展望
--張庚鵬、李艷琪----253
新型肥料的發展
--張瑞明、陳佳玲、譚增偉、郭鴻裕----259

土壤肥力與植物營養之回顧與展望

Review and prospect on application of soil fertility and plant nutrition

譚增偉 [1]

[1] 農委會農業試驗所

E-mail：TsengWeiTan@tari.gov.tw

摘　　要

現今之農委會歷經前美援時代之農復會、中美斷交後之農發會，其後與經濟部農業局合併之農委會，再經廢省後農林廳改組為農糧署，並與各改良場所歸併農委會。期間人與制度、政策之變革，再再影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵，尤其在研究資料之呈現與保存方面，即使在當今電腦與資訊化時代亦顯露出嚴重之缺失。有關土壤肥力與植物營養診斷、應用，較早過去之遲遲未能全面推展，除了社會經續因素外，(1)營養診斷基準之試驗依据欠缺及研究人員之拘泥於基準之探討，未能積極將已得試驗結果善加應用，(2)土壤、植體之分析以及分析結果之判釋效率不高，未能爭取時效，以廣得農民興趣，等亦甚重要。其實土壤肥力、葉片分析、營養診斷基準之試驗依据，除了構成植體之大量要素較難確定外，功能與植體內酵素活性有關之其他要素應可直接引用外國資料應用，蓋其受作物品種、氣候、栽培管理因素之影響較大，變異亦大。但若要等到肥料試驗之客觀分析，歸納出確切基準才應用，實嫌太遲，並且亦不符實際。應以既定基準出發，在實際診斷服務過程中依照個別狀況機動調整、再調整，才是較妥方法。目前土壤肥力與植物營養診斷與應用效率之提高則歸因於：(1) 高效能分析儀器之引進及分析自動化之加强，(2) 營養診斷系統之發展，(3) 診斷組織之加强；即基層服務單位、分析中心以及診斷研究單位之密切配合，等方面加以改進，(4) 20 年來土壤資訊系統之發展與應用

關鍵詞：土壤肥力 植物營養 土壤與植物營養診斷 土壤改良

人與制度、政策之歷史變革-嚴重影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵 政

府為復興農村，於 37 年 10 月 1 日，依據中美兩國所簽經濟合作協定，在南京成立「中國農村復興聯合委員會」(簡稱農復會)，協助我國戰後農村復興工作。大陸淪陷後，農復會亦隨政府來台，除擁有優秀之國內外農業專家群外，並提供充裕之資金，為台灣早中期農村復興而奉獻心力。67 年 9 月 15 日，美方照會我國終止雙方合作並停派農復會美籍委員，6 個月後中美經合協定依約自動失效，農復會乃於 68 年 3 月 15 日結束。政府為繼續借重該會國內專家，積極推展農業發展工作，乃於同年 3 月 16 日將農復會改組成立「行政院農業發展委員會」(簡稱農發會)，為行政院之農業諮詢、設計、協調單位。在中央方面，38 年政府播遷台灣，在經濟部下設置農業司，負責農政事務；嗣為擴大其掌理範圍，復易名為農林司。70 年 11 月，因應經濟發展需要，農林司擴大人員組織與職掌，升級為經濟部農業局。73 年 7 月 20 日，政府為配合國家經濟建設，集中中央農政事權，決定將農發會與經濟部農業局合併改組為「行政院農業委員會」(簡稱農委會)，同年 9 月 20 日正式成立。於是中央農政機關組織，始趨於一元化，不但事權統一，且組織、經費亦漸臻充實，成為完整之中央農政體系。

88 年 7 月 1 日，前臺灣省政府農林廳廳本部於精省後改隸為行政院農業委員會中部辦公室，前臺灣省政府糧食處改隸為行政院農業委員會第二辦公室。農林廳原所屬機關改隸為農委會附屬機關(各改良場、所；農委會北、中、南、東四區糧食管理處)。93 年 1 月 30 日，為配合臺灣省政府功能業務與組織調整第一階段完成後，所進行各部會地區辦公室及改隸機關組織作業，將農委會原農糧處與中部辦公室及第二辦公室等單位之業務整併，成立農糧署，並為應地區農業發展需要，將農委會原北、中、南、東四區糧食管理處改隸為農糧署之分署。

本所遷來霧峰前相關之土壤肥料試驗：

1.日據時代：稻田土壤 N、P、K 需要量試驗
　　土壤類別 N、P、K 蘊藏量測定
　　稻田長期肥料試驗(1924 年設立)
　　→張等人(1947)同種肥料連用對於水稻田產量及土壤理化性質質之影響-23 年
　　→林等人(1973)長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻穀收量之影響-48 年

2.1945-1954：稻田土壤 N、P、K 需要量試驗 稻田石灰效果試驗、蔗田石灰效果試驗
　　土壤有效養分概測
　　蔗田土壤 P、K 含量與 P、K 肥效間相關之研究

3.1955-1964：鳳梨園土壤鉀、鎂含量與鉀肥效果間相關之研究

稻作 P、K 肥效與土壤 P、K 含量間相關之研究 蔗作
P、K 肥效與土壤 P、K 含量間相關之研究 全省耕地
土壤肥力調查（五項） 菸田土壤肥力之測定及有效養
分與肥效間關係之研究 稻田矽酸鈣效果與土壤有效性
矽酸間關係之研究 窒息病水田土壤管理之研究 土壤
磷型態及土壤鉀固定釋放之研究 甘蔗產量與土壤矽酸
含量間關係之研究

4.1965-1974：茶園轉作稻田之肥力改進研究 甘蔗、玉米、小麥、大豆、甘藷、高
粱及水稻之 P、K 肥效與土壤 PK 間關係之研究
甘蔗氮肥需要量與土壤氮供應力間關係之研究
蔗田連作減產問題之研究 花蓮稻田缺鋅生理
病防治之研究
強酸性土壤石灰及鉬肥效之研究（蔬菜、大豆、花生、玉米、小
米、甘藷、柑桔、水稻） 多作栽培下壤肥力之季
節性及長年性變遷 低產稻田（包括期作性低產）
之土壤理化特性研究 稻田及蔗田長期肥料試驗
澎湖、金門土壤肥力調查
蔗田缺鋅問題之研究

5.1975-1979： 稻田主要土型生產潛力測定及肥力限制因素之研究
蔗田土壤肥力調查（包括微量要素） 稻田土壤之
氮礦化及其與氮肥效果間關係之研究
土壤理化性與有效養分對稻作 P、K 效果之綜合影響研究
二期稻作低產之土壤肥力因素解析 有機殘體、矽酸鈣及
石灰之長期連用效果試驗 臺東濱海稻田缺鋅症防治試驗
胡麻葉枯病猖獗水田之肥力因素研究及改良試驗
中部濱海及近山生理病稻田之改良研究 邊際土壤鉅
量及微量要素調查（茶園、果園） 重金屬污染問題
之研究 蔬菜園土壤肥力之初步研究
綠肥掩青氮素肥料效率與水稻產量之影響研究
土壤肥力能限分類規範之調查研究

重要制度、政策與研究之時間履歷：

-日人進行作物在酸性土之石灰與三要素試驗，以及作物耐酸性(民國元年-6 年)

-對全省土壤類別進行土壤成分分析，並記載於各地區土性調查報告，為本省土壤肥力測定之始 2-13

-全省肥力概測 8-39

-水稻同樣肥料連用 48 年試驗 13-61

-37 年農復會成立→68 年改組為農發會→73 與農業局合併為農委會
(38 年在經濟部下設置農業司→農林司→70 年經濟部農業局)

-張守敬氏主持施用石灰對水稻增產之試驗 40-44

-臺灣省農田肥力測定 48-56

-連深氏研究本省稻田土壤中有效性矽酸肥力狀態 52

-作物施肥手冊 60 (民國 61-94 年 5 次修訂，作物種類 34 種→127 種)

-土壤肥料試驗報告 60-90

-臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究 67-71

-林家棻氏編輯作物需肥診斷技術一書 70

-稻田轉作政策(連續 2 個 6 年轉作政策)73-84

-本所進行不同耕作制度土壤肥力長期試驗 74

-補助本所購買 ICP 等新型儀器，成立土壤與植物體診斷分析中心 76

-有機農業研究發展 76

-休耕田政策 86-

-加入 WTO 91

-競爭型計畫(經費來自逐年縮減公務預算自主計畫經費)91

-整合性競爭型計畫 95

-合理化施肥政策 97

-小地主大佃農政策 98

-研究團隊-良質米、有機、果樹 98-102

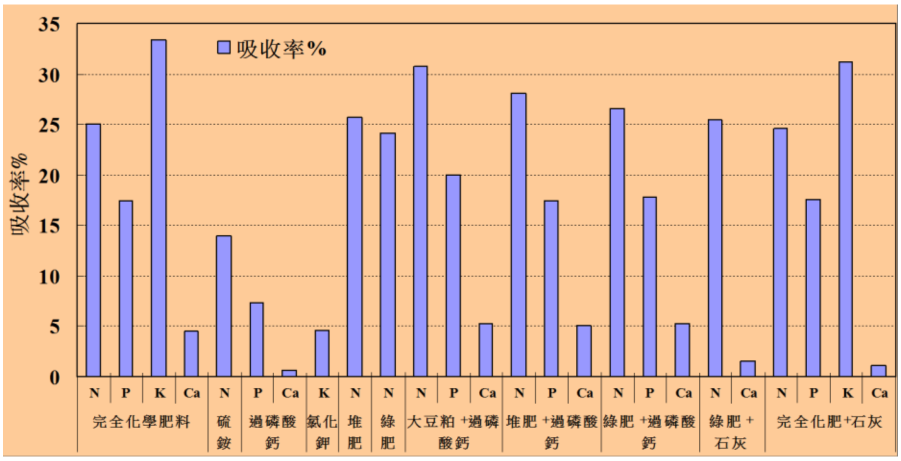
-推動小組 99-

-跨領域政策型計畫、競爭型換新計畫(多年與單年期)101

-活化休耕田政策 102

光復前之研究成果**(**連深 **1995)**

1903-1911 年間，本所已針對本省主要作物，如：水稻、陸稻、甘藷、落花生、胡麻等進行三要素肥料試驗，綠肥與化學氮素肥料之肥效比較試驗，廄肥生產量調查及花生粕、胡麻油粕及大豆粕使用法試驗等。1932 年全省 13 地點進行之水稻、甘藷、柑橘及煙草鉀肥肥效及施用量試驗為本省大規模肥料試驗之先驅。嗣於 1932-1942 年間，在全省 118 個地點進行共 549 點稻田三要素肥料試驗。該期間亦適本省稻作單位面積化學肥料用量和稻米產量的第一個高峰期：有關試驗對於本省稻田化學肥料之應用及單位產量之提高有很大貢獻，惟第二次大戰期間肥料短缺，稻作單位產量亦隨顯著下落。



光復前之肥料試驗另一需要特記者乃早於 1911 年即設置「連年無肥料栽培水稻試驗」以探討植物養分要素之天然供給量及地力之持續性。此項試驗迄 1946 年台灣光復，連續進行共 36 年，為稻田地力之生態提供寶貴資料。另一長期試驗，包括各種化學肥料及廄肥、綠肥等有機質肥料之連用，亦於 1924 年設置。該項試驗於台灣光復後仍被繼承進行，迄 1972 年因本所台北舊址環境變遷，遷所在即才予結束，共歷時 48 年，對於台灣稻田肥力之永續性經營提供寶貴數據，亦為台灣肥料試驗史上留下光輝一頁。

光復後之研究成果(連深 **1995)**

光復七十年來，由於人員、設備擴充，試驗研究乃更步入正軌。研究成果不勝枚舉，其中較重要者如下：

一、主要作物肥料需要量試驗 戰後因肥料廠漸漸恢復生產，許多省產化學肥料，

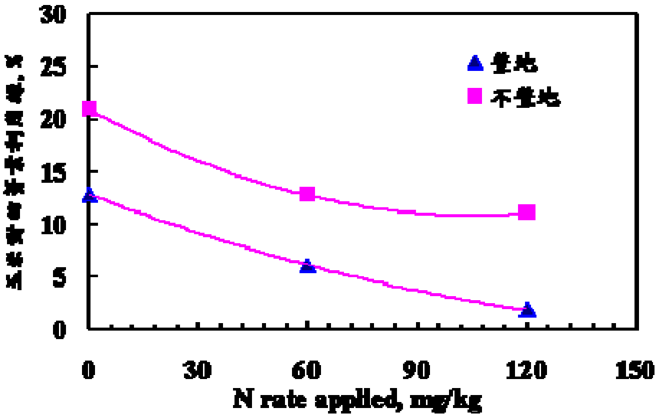
如：硫銨、氰氮化鈣、尿

素、硝酸銨鈣及熔磷、過磷酸鈣、磷礦石粉等相繼產出，惟資源有限；在肥穀交換制度下化學肥料仍屬高價資材，故其相對肥效及施用方法仍為重要課題。是故，1949-1950 及 1953-1955 年間，在全省 51 地點續有 214 個肥料三要素試驗，並依據此等試驗結果分析各類土壤之肥料效應，將全省分為 10 區，分別推薦不同期作之施肥量。

以上三要素肥料需要是試驗地點數雖然有限，但因其分布有土壤調查、分類依據，在代表性土類地點均設有重複試區，故資料可靠，直至 1960 年代為政府配肥之依據，貢獻甚大，亦對當時肥料廠生產策略有所幫助。

由於品種、栽培方法及土壤肥力不斷改進，肥料需要量不斷變化，故有關肥料需要量之試驗研究亦從未間斷；除水稻外，尚有甘薯、黃麻、小麥、落花生、棉花、苧麻、鳳梨、香蕉、柑橘及香茅等作物之施肥適量試驗。1960 年以後之有

關試驗則更擴及特作及蔬菜、果作等園藝作物。至於綠肥、廄肥、堆肥等有機肥料之肥效試驗則因戰後化學肥料仍為不足，頗受重視，並繼續各種肥料之長期連用試驗，如前述。1960 年代以後因化學肥料趨於充足，有機質肥料之試驗乃一度趨少，惟近年來則因農畜產廢棄物泛濫及有機農業之提倡，有關試驗再蓬勃發展。除了各種作物之肥料之需要量和不同肥料之肥效等試驗外，對於肥料之施用 時期、位置等亦有一連串試驗，結果奠定了各種作物之現行標準施肥法基礎，對於肥料之有效利用貢獻良多。



二、土壤速測及葉片營養診之應用 由於品種、栽培方法以及土壤肥力不斷改進，

肥料需要量不斷變化，故有關

肥料需要量之試驗從未間斷。惟鑑於土壤肥力因受多年施肥之影響而有擴大變異趨勢，為提高施肥推薦之準確性，1960 年代以後之有關試驗乃更配合土壤養分速測方法研究，探討施肥效應與土壤中有效養分含量之相關；曾舉辦稻田磷鉀效應試驗 100 餘處，求得土壤有效磷鉀指數與施肥效應之相關，為磷、鉀肥需要量推薦之依據。1982-83 年間更與各改良場合作，在全省 80 處舉辦三要素及矽肥料效應試驗，配合稻田肥力能限之分類以期提高土壤速測之準確性。此等土壤肥力測定對於全省土壤肥力分布之了解有一定貢獻，惟速測本身卻因稻米價格偏低，及政府為照顧農民而推行肥料低價政策等因，除了零星的服務外，未見大規模的應用。

糧食作物之需肥試驗注重土壤有效養分測定配合，果樹方面之需肥試驗則注重葉片要素含量之測定配合。自 1961 年即陸續進行柑橘園之採樣期、採樣位置、採樣數等研究。待採樣技術逐漸成熟，乃參酌國內外資料，建立葉片之養分濃度標準範圍，並嘗試應用。後續調查及試驗，更提供收量、品質及葉片中要素濃度之相關，據以修訂碰柑、柳橙之氮、鉀適宜濃度範圍，並加強其應用。

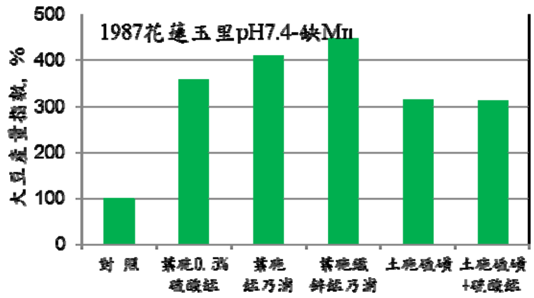
1987 年成立土壤與植物營養診斷分析中心，以植物營養診斷為基礎，為農民服務。1989 年更建立果園土壤及葉片營養診斷資訊系統，依據葉片要素濃度與各要素適宜濃度基準之差異及缺乏症狀之有無判斷果樹營養狀態，並參考土壤、肥

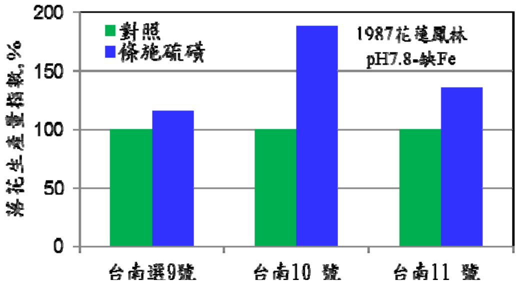
力和現行施肥量推薦改進之施肥建議，利用電腦可迅速將分析資料列印初診表，供各區農改場及農民施肥之參考。目前可進行診斷的果樹包括：柑橘、葡萄、梨、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧和釋迦等作物。服務件數每年均達七千餘件，並配合農委會推動之降低柑橘產銷成本計畫，積極指導農民施肥管理。由於果園作物之較富經濟性，故果園葉片營養診斷之推行較糧食作物之土壤速測獲有較好績效。

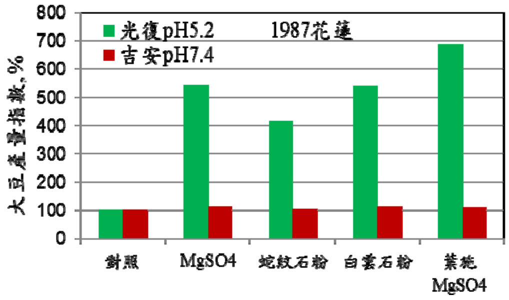
三、問題土壤之作物營養障礙及改進

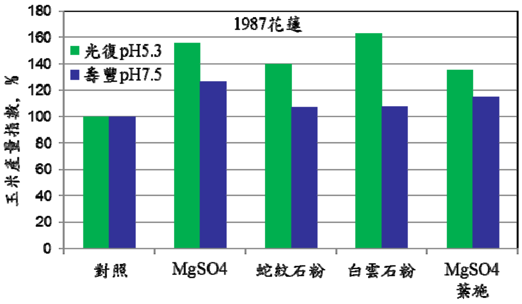
（一）宜蘭地區之水稻低產問題由來已久，1934 年即有零星研究，認為鉀肥有抑制鐵毒害之效果。此項解釋雖非全正確，卻為本省水稻營養障礙研究之先例。1955 年前後對於該地區之水稻低產問題有進一步之調查。1960 年屏東第二期作水稻罹某種病害，面積在萬公頃以上，引起大家的注意。一般認為該病與宜蘭地區所發生者相似，均係由土壤排水不良、氧氣供應不足、稻根呼吸受阻與土壤中還原性產物毒害所致，故稱窒息病。研究結果發現罹病水稻鉀素含量較低，鐵含量較高，係稻根在強還元土壤環境下養分吸收受到抑制所致，經多施鉀肥及改善灌排水等措施、水稻生育獲得顯著改善，對於單位產量之提高貢獻甚大。

（二）花蓮附近部分地區及東部成功至長濱一帶三千餘公頃水稻生育不良，亦是由來已久。遂於 1970 年代初發現其水稻生育不良原因與缺鋅有關，即與改良場合作，示範農民每公頃施用 30 公斤氧化鋅普遍獲得 15-25%增產，成果卓著。農民相繼倣效，遂解決長久的生育不良問題。其他如雜糧作物之微量元素 Fe、Mn、Mg 等問題。







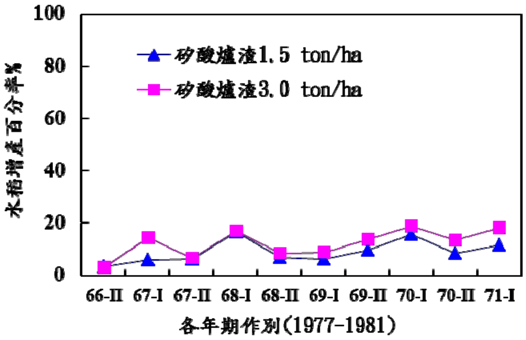


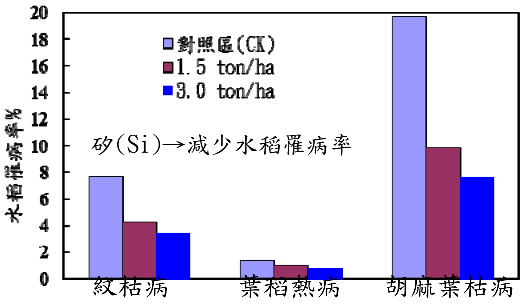
（三）東部地區部份稻田易罹胡麻葉枯病問題，亦於 1977 年前後與花蓮區農改場合作，發現與土壤之有效性鉀、錳、矽及陽離子交換能量低有關。遂由田間試驗

證實施用矽酸爐渣對於稻穀之增產般有效，施用鉀和錳亦略為有效。

（四）1970 年代相繼發現中部東勢一帶柑桔之結果不良及東部地區木瓜之果實變形，均與土壤之缺硼或天氣乾旱影響硼素吸收有關，已示範農民施用硼砂解決結果不良問題。

（五）除了以上具有明顯症狀的作物營養障礙有各種研究外，對於不具明顯症狀卻對作物健康有益之要素亦有一連串的試驗研究；自 1959 年起，即進行水稻之需矽試驗，結果顯示矽酸爐渣之肥效在北部砂頁岩沖積土及紅壤最為明顯，每公頃施用 1250 至 2500 公斤，平均可增產 10%以上，在稻熱病、紋枯病害猖獗時效果最為明顯；土壤有效性矽低於 40ppm 時施用矽肥有極大增產效果。並於 1970 年以後進行大面積之示範推廣，普遍得到良好結果，平均增產 13%。





（六）稻田主要土型生產潛力及肥力限制因素之研究；本所曾於 1975-76 年間與各地區農改場在全省 120 處稻田舉辦水稻施肥技術綜合示範，以統一的品種（台南 5 號）和三要素肥料的充分供與下測得各稻田的收量潛量，探討水稻營養性狀、土壤性質與收量之相關以明限制收量之營養因素。結果指出土壤之矽酸供應能力與收量關係最為密切，故矽酸肥力之提高為稻田地力增進之第一要務。又解析第二期稻作低產問題之土壤肥力因素指出第二期稻作收量低落以排水不良之石灰性土最為顯著，如有第一期作殘株則影響加大。在這種土壤第二期作有增施鉀肥及防範缺鋅必要，並以改善排水最為重要。

(七) 現今之農委會歷經前美援時代之農復會、中美斷交後之農發會，其後與經濟部農業局合併之農委會，再經廢省後農林廳改組為農糧署，並與各改良場所歸併農委會。期間人與制度、政策之變革，再再影響科技計畫研究發展之方向、層面與內涵，尤其在研究資料之呈現與保存方面，即使在當今電腦與資訊化時代亦顯露出嚴重之缺失。尤其廢省後之經費與計畫研提審查機制均有大幅度的變動，而中央方面(人員與制度問題)無法充份掌握研究方面質與量的內涵，實為一大憾事。相關之政策包括：

-休耕田政策 86-

-加入 WTO 91

-競爭型計畫(經費來自逐年縮減公務預算自主計畫經費)91
-整合性競爭型計畫 95
-合理化施肥政策 97
-小地主大佃農政策 98
-研究團隊-良質米、有機、果樹 98-102
-農還領域與推動小組成立 99-
-跨領域政策型計畫、競爭型換新計畫(多年與單年期)101
-活化休耕田政策 102

相關之整合性競爭型計畫： 水旱田利用調整下之肥力變遷
93-95 農地管理變遷對耕地生態環境與生產力影響之研究
93-95
建置快速且大量的土壤與植體營養診斷體系-96-98 合理化
施肥計畫 97- 開發作物施肥新技術，建立『定址養分管理』
體系-97-100
地區重點作物之營養管理與生理障害的相關土壤管理與施肥技術研究 98-100
國產蔬菜硝酸鹽調查與防範對策研究 100-102
因應氣候變遷與糧食安全調適 101-104 植物工
廠 102
作物健康管理體系 102

未來展望**(**連深 **1995)**

綜觀一百二十年來之肥料試驗研究歷程，早期係以水稻為主之肥料肥效為研究對象，著重於所投肥料的效果及其報酬遞減率。研究方法則依賴肥料試驗，輔以肥料成分分析，以探討不同肥料之種類、用量或肥料成分吸收率對收量之影響。此種研究適值肥料學發展之初期，對於肥料價值之評估，施用量及施用法之初步合理化有很大之貢獻。為擴大肥料試驗結果之適用範圍，中期的研究乃進一步配合土壤肥力之測定或植物體分析，以探求施肥效應與此等測值之關係，並根據此等關係推測不同土壤之經濟施肥適量；試驗之作物亦擴及水稻以外之雜糧和果作、特作等作物。即隨著肥料學之發展為植物營養學，中期之肥料試驗研究亦邁入土壤肥力、植物營養診斷之應用。後期之試驗研究則更能引進營養生理觀點，提昇研究手法和範圍，對於作物低產有關的營養障礙和土壤問題，以及高產有關的土壤肥力因子和施肥技術等均有進一步的拓展及成果。此等試驗研究，無疑，已對近數十年來臺灣農業生產力之提升做出應有之貢獻。

惟近年農地之過份開發，農藥、肥料資材的過份施用，工業、農業、社區廢棄物之未能妥善處理，已導致農業生產環境品質之日益惡化。加諸國外農產品低價競爭、國人對品質之要求以及農村勞力減少與老化等等問題，肥料與植物營養

研究正遭遇前所未有之嚴厲挑戰。 試分析未來面臨之問題及必需加強研究之工作方向如下(連深 1995)：

1.同一農地作物之多元化及肥料資材之多投，已使土壤肥力之變異漸趨擴大，故殘留養分之掌握瞭解益加重要。更因氮素在土壤中變化多端及過去有關試驗研究的不足，今後有關土壤中氮素轉化之預測、診斷及氮素對環境品質影響之監測與評估更為重要。

2.由於農畜產廢棄物之大量產出，卻未能平均分散於農地，以及廢棄物本身之品質問題，亦帶來氮素之環境污染問題及重金屬污染土壤之虞。土壤有機質之分解、聚積及土壤有機質與生產力關係等仍是有待澄清之課題，是故有機質肥料之合理施用技術亦是今後試驗研究之重點方向。

3.國內農產市場開放後，面臨國外農產品低價競爭及國人對農產品質之要求，必需以品質高且產量豐之農產品因應。應繼續研究各種重要農作物之合理施肥量與施肥法，土壤水分管理等，建立各重要作物之土壤、植物營養診斷標準，擴大診斷服務推廣，推薦正確合理之施肥量與施肥法，以降低施肥成本。

4.因農村勞力減少與老化，今後亟需配合農機學門研製施肥機械，建立機械化施肥技術，並研究以水溶性肥料配合灌溉設施等省工施肥技術，以節省施肥工資。另坡地土壤之施肥管理技術，包括：緩效性肥料、機械深層施肥、草生栽培等亦待加強，以避免土壤及肥分流失，造成水源污染。

5.加強土壤-營養管理與病蟲害關係研究落實作物健康管理體系。

6.不論是合理化施肥(含施肥手冊)或土壤與作物營養診斷技術均需加強與土壤資訊系統之結合與應用。

土壤肥力及植物營養診斷技術應用於北部地區問題土壤之改善

Soil fertility and plant nutrition diagnostic technology for improving problem soil in northern area

莊浚釗[1*]、湯雪溶[1]

[1]桃園區農業改良場作物環境課

[*]E-mail:chuang@tydais.gov.tw

本研究主要目的係利用土壤肥力及植物營養診斷技術，為農民農地健康檢查，作為施肥改進的參考，並整理過去分析資料，建立本場轄區土壤管理資料庫，以了解北部地區土壤性質及問題土壤所在，進而應用此技術予以改善。本場2011~2014年土壤肥力與作物營養診斷分析件數共計31,245件，其中強酸性土壤pH ≤5.5者有逐年下降趨勢，土壤有機質含量>30 g/kg者均逾60%，另土壤電導度值>0.6 ds/m者有逐年降低趨勢，土壤重金屬以鋅及銅含量超過容許量標準比例最高達3%及5%。針對北部地區蔬菜栽培管理的問題，除宣導勿用乾雞糞易造成環境髒亂汙染問題，另重金屬鋅污染及土壤鹽化等現象亦層出不窮，故本場針對上述問題，研發蔬菜有機栽培專用有機質肥料，經多年試驗種植 12 作蔬菜，每公頃產量24.5 公噸較對照(市售有機質肥料)22.0 公頓，增產 2.5 公噸(11.4%)，可推廣農民及一般民 眾施肥栽培管理之參採。

關鍵詞：土壤肥力、植物營養診斷技術、北部地區、有機質肥料

Key word：Soil fertility、Plant nutrition diagnostic technology、Northern area、Organic matter fertilizer

前　言

本場自 2002 年為提升農民土壤及肥培管理技術，加強本場對農民樣品分析診 斷之服務，縮短分析時程，使農民能儘速取得分析報告，制訂分析診斷標準作業 程序，並建立土壤分析服務網頁查詢(王和羅，2003)，及整理過去分析建檔資料， 完成本場轄區土壤管理資料庫。

本技術收取農民樣本登錄後，進行試驗分析之前處理，包括土壤、堆肥樣本陰乾、磨粉、過篩或植體樣本清洗、烘乾及磨粉，另灌溉水、液肥等樣本，均可稱取分析所取重量依據本場分析步驟逐步分析，約需 2 周時間，本場依據所登錄地 址寄送分析檢測報告，檢測內容包括土壤肥力、葉片營養成分、灌溉水質及堆肥 成分等，於分析檢測報告表下建議欄中明列其需改進項目，藉以作為施肥改進之

參考，本分析檢測報告，除依據登錄地址郵寄紙本外，另於本場網站首頁(http:/tydares.coa.gov.tw)，點選左下角進入「土壤肥力與作物營養診斷」查詢系統查詢。該系統不受上班時段限制，隨時可查詢，另有各種作物施肥推薦量、營養障礙圖鑑及桃園地區土壤圖，均可點入查詢相關農業資訊，均為便利，可作為農民施肥改進之參考。 利用本技術探討本場轄區農民栽培所遇到的問題，尤其有

機農園長期施用有

機質肥料，過量施用及管理不當，致使土壤養分不平衡等問題日益嚴重(王和羅，2000)，其中以設施蔬菜最為嚴重，過去對有機質肥料合理施用、土壤肥力與重金屬累積、有機資材利用及對作物生長之影響均有深入研究與探討（陳，1995；張，1995；劉等，1995；蔡，1999），惟農民施用市售或自製的有機質肥料時，若未腐熟完全，常導致抑制種子萌發及根的生長（Zubillaga and Lavado, 2006），或未依土壤肥力概況及作物營養需求選用或調配，長期連續大量施用情況下，易導致土壤養分不平衡及重金屬累積問題，影響土壤及蔬菜品質。為解決土壤養分不平衡及重金屬累積問題，以及提高有機農產品品質，利用農畜產副產物及礦物等材料，調配適合葉菜類蔬菜有機栽培專用之有機質肥料供農民施用之參考。

材料與方法

一、葉菜類蔬菜生長及養分吸收調查

2010 年 5 月 31 日起每週採取有機栽培農戶三處收穫期的小白菜（東京白菜）及萵苣（蘿蔓）各 10 株樣品，每次各 30 件樣品，至 6 月 21 日共採四次樣品。植

體樣品以自來水及蒸餾水洗淨表面灰塵及附著於根部土壤，風乾後稱取植體鮮重，再經烘乾後稱取乾物重，磨粉備用。分析全氮、磷、鉀、鈣及鎂含量，並計算吸收量，作為配方調製的依據。

二、有機質肥料配方調配及田間試驗 本試驗依據蔬菜生長及養分吸收，利用本場轄區大宗農產副產物（綠竹粉、

大豆粕等），調製七種有機質肥料配方。經試驗篩選對蔬菜生育、產量及品質較佳有機質肥料配方 A、B 及 C，另添加苦土石灰（dolomite）進行試驗，處理包括：AS 有機質肥料配方 A；BS 有機質肥料配方 B；CS 有機質肥料配方 C；ASD 有機質肥料配方 A 加苦土石灰；BSD 有機質肥料配方 B 加苦土石灰；CSD 有機質肥料配方 C 加苦土石灰；COF 市售有機質肥料（CK）。本試驗 2012-2013 年於本場

（新屋鄉）進行，採逢機完全區集設計，七處理，三重複，小區面積 2.4 m×1.6 m＝3.84 m^2。供試作物分別為小白菜（東京白菜）、萵苣（蘿蔓）、白莧菜及青梗白菜共計 12 作，有機質肥料全量於整地前全面撒施，耕犁之與土壤充分混合，生 育期間不再追施任何肥料及採用有機栽培管理不施用化學農藥，收穫期全小區蔬 菜採收後秤重並記錄產量。四種蔬菜氮施用量係依據作物施肥手冊（羅，2012） 及農家要覽（王及王，1995；王及林，1995；謝及王，1995）推薦量，有機質肥

料施用量以氮為換算基準，計算公式為堆肥施用量（公斤）＝氮推薦量×（100 ÷ 堆肥乾物中氮成分）×（1÷ 堆肥乾物含量%）×2.0×0.000384（小區面積）。

土壤肥力測定，土壤 pH 值以土：水＝1：5（w/v），平衡 1 h 後以玻璃電極法測定（McLean, 1982）。電導度（EC）以土：水＝1：5（w/v），振盪 1 h 後過濾，以電導度計測定（Rhoades,1982）。土壤有機質含量以 Walkley-Black 法測定

（Nelson and Sommers, 1982）。磷以 Bray-I 法萃取，濾液以鉬藍法比色測定（Olsen and Sommers, 1982）。有效性鉀、鈣及鎂以 Mehlich-I 法萃取，萃取液以火焰分光光度計測定鉀含量（Knudsen *et al.*,1982），以感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP）測定鈣及鎂含量（Flannery and Markus,1980）。

葉片全氮以凱氏法（Regular Kjeldahl method）分解蒸餾法測定（張，1981）。葉片樣品先以三酸（HNO_3：$HClO_4$：H_2SO_4＝4：1：1）分解至澄清，再以鉬藍法 測定磷含量（Murphy and Riley, 1962），火焰分光光度計測定鉀含量（Knudsen *et al.*,

1982），並以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定鈣及鎂含量（張，1981）。

調查分析資料以 SAS（statistical analysis system 6.10, SAS Institute , 1990）程式 進行變方分析，再以 Fisher LSD 進行處理間平均值之差異分析。

結果與討論

一、本場分析樣品件數及養分含量統計

本場 2011 年至 2014 年土壤肥力與作物營養診斷分析統計如表 1，2011 年分析 件數土壤 4,032 件，植體 2,437 件及灌溉水、堆肥、介質及液肥 1,249 件共計 7,718 件；2012 年 8,055 件；2013 年 7,705 件；2014 年 7,767 件，4 年共計 31,245 件。 其中土壤 4 年共計 15,733 件樣品(50.3%)，次為植體 11,859 件(38%)，其餘灌溉水、 堆肥、介質及液肥共計 3,653 件(11.7%)。

表 1.土壤肥力與植物營養診斷分析統計表

Table1. Diagnosis of soil fertility and plant nutrition statistics

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	共計(比例%)
土壤	4,032	4,320	3,896	3,485	15,733(50.3)
植體	2,437	2,722	3,173	3,527	11,859(38.0)
灌溉水、堆肥、介質及液肥	1,249	1,013	636	755	3,653(11.7)
合計	7,718	8,055	7,705	7,767	
共計	31,245				

二、土壤養分含量變動情形

2011 年至 2014 年土壤 pH 三等級分布百分比如表 2，2011 年土壤 pH 5.5 者佔 64.5%，pH 5.6~6.7 者 27.6%及 pH ≥6.8 者 7.9%；2012 年土壤 pH ≤5.5 者佔 54.6%，pH 5.6~6.7 者 27.7%及 pH ≥ 6.8 者 17.7%；2013 年土壤 pH≤ 5.5 者佔 55.9%，pH 5.6~6.7 者 28.4%及 pH≥ 6.8 者 15.7%；2014 年土壤 pH ≤ 5.5 者佔 48.8%，pH 5.6~6.7 者 33.9%及 pH ≥ 6.8 者 17.3%，顯示北部地區土壤為強酸性土壤佔的比例有逐年降低的趨勢，依據王(2006)報告指出北部地區農地強酸性土壤約佔 1/2，因與本場長期於講習會中宣導施用石灰資材料改善有關，過去研究亦指出酸性土壤施用石灰可提高作物產量及品質(孟和傅，1995)。

表 2.土壤 pH 三等級分布百分比

Table2. The percentage of soil pH distribute to three grades. (%)

範圍□	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
pH ≤5.5	64.5	54.6	55.9	48.8
pH 5.6~6.7	27.6	27.0 □	28.4	33.9
pH ≥6.8	7.9	17.7	15.7	17.3

土壤有機質含量分布百分比如表 3，2011 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 27.8%，>30 g/kg 者 72.2%；2012 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 39.7%，>30 g/kg 者 60.3%；2013 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 33%，>30 g/kg 者 67%；2014 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 25.8%，>30 g/kg 者 74.2%，顯示近 4 年土壤有機質含量>30 g/kg 者均逾 60%。

表 3.土壤有機質含量分布百分比

Table3. The percentage distribution of soil organic matter content (%)

範圍	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
< 30 g/kg	27.8	39.7	33.0	25.8
>30 g/kg	72.2	60.3	67.0	74.2

土壤電導度值及大量元素含量如表 4，2011 年土壤電導度值>0.6 ds/m 者佔 8.3%；2,012 年佔 8.8%，2013 年 5.5%，2,014 年 5.3%有逐年漸降趨勢。磷肥含量>50 mg kg^{-1} 者，由 2011 年 19.3%、2012 年 38.2%、2013 年 33.4%至 2014 年 26.8%。 鉀肥>100 mg kg^{-1} 者，由 2011 年 44.2%、2012 年 39.2%、2013 年 32.2%至 2014 年 37.6%，有逐年遞減情形。鈣肥>1,140 mg kg^{-1}，由 2011 年 30.1%、2012 年 39.6%、2013 年 32.5%至 2014 年 30.5%。鎂肥>100 mg kg^{-1}，由 2011 年 74.1%、2012 年 76.8%、2013 年 69.3%，至 2014 年 62%。依據過去研究指出設施蔬菜園土壤含豐富營養鹽類累積(王等，2002)。

表 4. 土壤電導度值及大量元素含量變化

Table4. Change of soil EC and macro element content (%)

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
電導度值 (>0.6 ds/m)(1:5)	8.3	8.8	5.5	5.3
磷肥(>50 mg kg^{-1})	19.3	38.2	33.4	26.8
鉀肥(>100 mg kg^{-1})	44.2	39.2	32.2	37.6
鈣肥(>1,140 mg kg^{-1})	30.1	39.6	32.5	30.5
鎂肥(>100 mg kg^{-1})	74.1	76.8	69.3	62.0

土壤重金屬含量超過容許量標準比例如表 5，銅含量>2ppm，2011~2014 年分別佔 2.6%、2.7%、3.5%及 2.7%。鋅>50ppm，2011~2014 年分別佔 5.9%、6.3%、3.5%及 4.9%。鎘>0.39ppm，分別佔 0.2%、1.3%及 1.2%。鎳>10ppm，分別佔 0.4%、0.2%、0.3%及 0.5%。鉻>10ppm，分別佔 0.07%、0.04%及 0.1%。鉛>15ppm，分別佔 0.9%、1.3%、0.9%及 1.0%，由以上數值顯示，重金屬鋅含量超過容許量標準比例較高，2011 年及 2012 年約為 6%，惟至 2013 年及 2014 年則降至 5%以下，主要為施用生雞糞所致，且經本場於各種訓練講習會中宣導施用生雞糞，除會造成環境髒亂及蚊蠅孳生等問題，另重金屬累積現象亦會呈現，故其超過現象已有漸降的趨勢。次為銅元素超標者 3%，其餘元素合格率均達 98~99%。

表 5.土壤重金屬含量超過容許量標準之變化

Table5. Change of heavy metal content exceeds the allowable quantity standard (%)

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
銅>2ppm	2.6	2.7	3.5	2.7
鋅>50ppm	5.9	6.3	3.5	4.9
鎘>0.39ppm	0.2	0.2	1.3	1.2
鎳>10ppm	0.4	0.2	0.3	0.5
鉻>10ppm	0.07	0.04	0	0.1
鉛>15ppm	0.9	1.3	0.9	1.0

三、設施蔬菜鹽類之改善 設施栽培為北部地區短期葉菜生產常用之耕作方式，由於葉菜類蔬菜生長期短，複種指數高，為快速補充土壤養分之消耗，農民常施用大量肥料以供給作物生長所需。但因設施內土壤缺乏大量雨水淋洗，過量施肥的結果，易導致土壤中無機鹽類的累積、養分不平衡、重金屬累積、硝酸鹽含量過高及病蟲危害加劇等問題，而不利於蔬菜的生長。故以本土壤肥力及植體營養診斷技術，針對設施蔬菜栽培之問題予以改善。 首先介紹農民喜愛施用的乾雞糞成分如表 6，目前台灣地區總雞隻數 1 億隻 (肉雞 6,500 萬隻、蛋雞 3,500 萬隻)，每天排泄物量 0.13~0.14 公斤， 產生 13,580 公噸， 每隻每天排泄三要素 N-P_2O_5-K_2O=2-3.5-2.1g，1 億隻雞三要素量為 200-350-210 公噸 農地每年氮素用量 400kg/ha，可提供 18 萬公頃農地，堆肥化過程損失 50%氮素計算，可提供 9 萬公頃農地。

乾雞糞的優點(1)價格便宜，每公斤 2~3 元為一般堆肥 1/3~1/2。(2)肥分較一般堆肥高 2~3 倍(表 6)。缺點為(1)雞糞施於田間釋出惡臭味及孳生蚊蠅，造成環境污 染。(2)飼料中添加高量鋅，造成重金屬污染。(3)雞糞 EC 值高，長期過量施用造成鹽分累積，尤其設施因無雨水淋洗最為嚴重。(4)養雞場以鹽酸或石灰消毒，致使雞糞 pH 值不穩定。

農民施用乾雞糞對土壤肥力之影響如表 7 及 8，李姓農友係新園，2007 年開始 耕作，設施施用量每 20 尺即施用 1 包乾雞糞，至 2008 年其電導度提升 3 倍為 0.21 dS/m，土壤酸鹼度均低於 5.5 為強酸性土壤，惟有雞質含量大於 3.0，大量元素(氧化鈣)低於適宜值範圍，其餘尚屬適宜值。另邱姓農友則為務農第 2 代的舊園，耕作 達 15 年以上，亦為使用乾雞糞方法同前，其電導度均已逾 0.6 dS/m，且逐年漸增趨 勢，由 2005 年 0.83 dS/m 至 2006 年及 2008 年分別達 1.21 dS/m 及 1.85 dS/m，土壤已呈 現鹽化現象，其餘土壤大量元素含量均超過適宜範圍，此即為造成鹽害的主因。

另重金屬含量雖未超過有機規範標準，但李姓農友施用 1 年乾雞糞其鋅含量及由 4ppm 提升至 14ppm，爾後如以此方式繼續施用，預估 5 年即逾越 50ppm。

表 6.生雞糞與雞糞堆肥成分之比較

Table6. Comparison of dry chicken manure and chicken manure compost component

種類	乾燥方式	水分	碳	氮	磷酐	氧化鉀
		%		----------------%----------------		
	未乾燥	41	33.5	4.4	5.2	3.6
蛋雞	太陽乾燥	20	29.9	3.6	6.7	4.0
	火力乾燥	16	31.1	3.8	7.3	3.1
肉雞		33	33.7	4.8	5.5	2.8

粗糠雞糞	1~1.2		
蛋雞糞堆肥	2.1~2.8	2.0~2.9	2.1~3.0
肉雞糞堆肥	1.8~2.4	1.3~2.2	2.3~3.0

表 7.施用生雞糞對土壤肥力之影響

Table7.Effect of applied dry chicken manure on soil fertility

農友(年度)	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5) (dS/m)	有機質 (%)	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
				---------------------kg ha^{-1}-----------------			
李農友(2007)	4.9	0.07	4.3	80	219	972	368
李農友(2008)	5.2	0.21	4.0	324	158	866	416
邱農友(2005)	5.0	0.83	6.0	2322	434	6515	1041
邱農友(2006)	5.0	1.21	3.8	1582	886	9151	1721
邱農友(2008)	4.9	1.85	4.4	671	1122	7427	2329
適宜值	5.5-6.8	<0.6	>3.0	60-290	90-300	2000-4000	200-400

表 8.施用生雞糞對土壤重金屬之影響

Table8.Effect of applied dry chicken manure on soil heavy metal content

重金屬	銅	鋅	鎘	鎳	鉻	鉛
	------------------mg kg^{-1}------------------					
李農友(2007)	2.0	4	0.13	0.6	0.2	6.1
李農友(2008)	4.0	14	0.12	1.0	0.4	7.5
邱農友(2008)	2.0	24	0.07	0.8	0.4	4.4
參考值	<20	<50	<0.39	<10	<10	<15

四、蔬菜有機栽培專用有機質肥料配方之研發 本場針對轄區有機栽培農戶施用有機質肥料，未依土壤肥力狀況、作物養分

吸收情形及有機質肥料特性施用，長期施用造成土壤劣化等現象，造成作物產量及品質下降影響農民收益。另為矯正農民施用乾雞糞的觀念，特研發有機栽培專用的有機質肥料，供農民於栽培管理施用的參考。

首先進行蔬菜生長及養分吸收調查，自 2010 年 5 月 31 日起每週採取有機栽培農戶 3 處小白菜及萵苣(蘿蔓)各 10 株樣品，至 6 月 21 日共採 4 次樣品。植體樣品以自來水及蒸餾水洗淨表面灰塵及附著於根部土壤，風乾後稱取植體鮮重，再經烘乾後稱取乾物重，磨粉備用。分析全氮、磷、鉀、鈣及鎂含量。並計算吸收量，作為配方調製的依據。

依據蔬菜生長及養分吸收情形，利用本場轄區大宗農產副產物綠竹，依據農業年報統計北部地區約 5,000 公頃(農委會，2014)，調製 7 種有機質肥料配方進行試驗，篩選蔬菜專用配方 3 種，配合施用苦土石灰，改良土壤酸化現象(張等，2001)，

種植北部地區主要短期葉菜小白菜、萵苣各 4 期作及莧菜、青梗白菜各 2 期作，共計 12 期作，平均每公頃產量以本配方(處理代號 CS)24.5 公噸較對照(市售有機質肥料)22.0 公噸，增產 2.5 公噸(11.4%)(表 9)，其餘處理亦較對照增產 1.5~2.1 公噸(6.8~9.5%)，另添加苦土石灰亦以 CSD 及 BSD 處理 24.1 公噸最佳。故選定有機 質肥料 C 為技轉商品，本產品適合有機栽培、非有機栽培農民及一般名眾均可使 用，市場總產值高達 8 億元，極具商品開發價值。

表 9. 不同有機質肥料配方對蔬菜產量之影響

Table9.Effects of different organic fertilizer formulations on the yield of vegetables

	小白菜 (4 期作)	萵苣 (4 期作)	白莧菜 (2 期作)	青梗白菜 (2 期作)	平均 (12 期作)
	--t ha^{-1}--				
	27.6a^{y}(114)	20.2a (98)	14.9a (115)	31.2a (103)	23.5a (106.8)
	24.2b (100)	21.5a (105)	16.7a (128)	32.6a (107)	23.8a(108.2)
	27.6a (114)	21.7a (106)	15.2a (117)	33.4a (110)	24.5a(111.4)
	26.8a (111)	21.3a (104)	15.2a (117)	30.4a (100)	23.4a(106.4)
	26.8a (111)	22.2a (108)	16.6a (128)	30.8a (101)	24.1a(109.5)
	27.1a (112)	22.1a (108)	13.7a (105)	33.4a (110)	24.1a(109.5)
)	24.1b (100)	20.5a (100)	13.0a (100)	30.4a (100)	22.0a(100.0)

x： AS 有機質肥料 A。BS 有機質肥料 B。CS 有機質肥料 C。
ASD 有機質肥料 A+苦土石灰。BSD 有機質肥料 B+苦土石灰。
CSD 有機質肥料 C+苦土石灰。COF 對照(CK)市售有機質肥料
y：LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

結 論

本研究主要目的係為提升農民土壤及肥培管理技術，加強本場對農民樣品分析診斷之服務，整理過去分析建檔資料，建立本場轄區土壤管理資料庫。另針對北部地區設施蔬菜栽培土壤鹽類及酸性土壤等問題，研發有機栽培專用有機質肥料，可供農民施肥之參考。

參考文獻

1. 王三太、王毓華。1995。莧菜。農家要覽。p.399。
2. 王三太、林子凱。1995。小白菜。農家要覽。p.423。
3. 王斐能、羅秋雄。2000。有機農園土壤及灌溉水品質監測。桃園區農業改良場研究彙報第 41 號：17-26。行政院農業委員會桃園區農業改良場。
4. 王明果、謝兆申。2001。台灣地區主要土壤之分佈及特性。肥料要覽：2-10．中華土壤肥料學會。
5. 王鍾和、黃維廷、江志峰 。2002。設施蔬菜園鹽害與連坐問題之因應策略。設施栽培之土壤肥料管理技術。合理化施肥推廣手冊(6):1-7。
6. 王斐能、羅秋雄。2003。土壤肥力與作物營養診斷服務資訊系統之建立。土壤與環境 6(2)：71-78。
7. 王斐能。2006。北部地區農田土壤肥力概況。桃園區農業改良場研究彙報第 59 號：47-56。行政院農業委員會桃園區農業改良場。
8. 行政院農業委員會。2014。農業生產。農業統計年報。P.52。
9. 孟賜福、傅慶林。1995。施石灰石粉後紅壤化學性質的變化。土壤學報 32：300-307。
10. 張愛華。1991，土壤分析分法。作物施肥診斷技術。台灣農業試驗所特刊 13:9-26。
11. 張淑賢。1995。有機資材利用之試驗研究現況與展望。有機肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省農業試驗所 p.1-14。
12. 張庚鵬、張愛華。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。台灣省農業試驗所。行政院農業委員會。
13. 陳尊賢。1995。長期施用豬糞堆肥對土壤中重金屬之累積及合理施用量之評估。有機質肥料合理施用技術研討會專刊 p.200-214。
14. 陳仁炫。2001。土壤管理與改良。肥料要覽：3-11。中華土壤肥料學會。
15. 陳仁炫、鄒裕民。2009。土壤化學性質分析。土壤與肥料分析手冊(一)。中華土壤肥料學會。
16. 郭魁士。1997。土壤學。中國書局。
17. 劉文徹、李松武、王銀波。1995。有機肥料之施用與土壤重金屬之聚積、作物吸收之關係。有機質肥料合理施用技術研討會專刊 p.215-227。
18. 蔡宜峰。1999。禽畜糞堆肥對作物生長及土壤特性之影響。農業有機廢棄物處理與應用。中華生質能源學會。p.73-85。
19. 謝明憲、王仕賢。1995。青梗白菜。農家要覽。p.429。
20. 羅秋雄。2005。作物施肥手冊增修六版。中華肥料協會。
21. Flannery, R. L. and D. K. Markus. 1980. Automated analysis of soil extracts for phosphorous, potassium, calcium and magnesium. Jour. Assoc. Off. Anal. Chem. 63:779-787.
22. Knudsen, O., G. A. Peterson, and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium.p.225-246. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA,Madison, WI, USA.

23.McLean, E. O. 1982. Soil pH and Lime requirement. p.199-224. In A. Klute et al. (ed.) Method of Soil Analysis. Park I. 2nd edition. ASA, Madison, WI. USA.
24.Murphy, J. and L. E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.
25.Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter.p.539-579. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition.
ASA,Madison, WI, USA.
26.Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil
Analysis. Part 2. 2nd edition. p.403-429. ASA, Madison, WI, USA.
27.Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. p.167-179. In A. L. Page (ed.) Methods of Soil
Analysis, Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
28.SAS Institute. 1990. SAS User Guide 6.10 Edition. SAS Institute Inc., SAS Circle, Box
8000, Cary, NC 27515-8000, USA.
29.Zubillaga, M. S., and R. S. Lavado. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at differentdegrees maturity compared to biosoilds and animal manures. Compost Science &Utilization 14(4):267-270.

Soil fertility and plant nutrition diagnostic technology for improving problem soil in northern area

Chun-Chao Chuang and Hsueh-Jung Tang

Abstract

The objective of this study is to use the technology of soil fertility and plant nutrition diagnostic to improve the health of the farmland and provide farmers more precise fertilizer dosage. After survey the analysis data in past four years include 31,245 samples, we established the soil management database and point out the problem and the solution of soil properties in the northern area of Taiwan. In the survey we found that the samples of strongly acidic soil pH under 5.5 decreased, more than 60% soil's organic matter content higher than 30 g kg^{-1}, and the ratio of the samples soil solution conductance > 0.6 ds m^{-1} decreasing by year. The ratio of the soil heavy metals zinc and copper content exceeds the allowable amount of standard up to 3% and 5%. We urge the vegetable farmer not to use dry chicken manure as fertilizer to prevent environmental pollution and soil salinization in northern area. We developed special organic fertilizer for organic vegetables, after 12 crops of testing for vegetable cultivation the yield of 24.5 t ha^{-1} compared with the control (commercial organic fertilizer) 22.0 t ha^{-1}, to increase yield 2.5 t ha^{-1} (11.4%). It can be taken to promote the farmers and the general public to use our fertilizer to get better income and environment.

土系間氮肥用量對水稻產量與氮養分吸收之影響

The influence of soil series and nitrogen rates on rice yield and nitrogen uptake.

吳添益[1*]、蔡正賢[1,]

[1] 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

*E-mail: tianyih@mdais.gov.tw

摘　　要

本文就苗栗區番子坡系(Fp)，五分埔系(Wn)，栗子園系(Su) 等土系水田處，每處土系各有水稻台南 11 號等 3 種品種參試；氮肥用量分 0、90、150、210、270 公斤/公頃等 5 變級，三重複；每處土系施用磷酐及氧化鉀用量，每公頃各為 60 及 90 公斤，進行兩年 4 期作田間試驗。試驗結果，在各土系間一、二期作產量表現，都以番子坡土系最好，栗子園土系次之。穀物收穫指數方面，2013 年氮肥試驗組中以 150 kg N / ha 的處理組 48.3-52.2% 為最好，土系間一、二期作穀物收穫指數以栗子園土系表現較佳。氮肥用量處理對產量比較結果，2012 年一、二期作分別以 90 及 150 kg N / ha 的處理組產量最好，且在公頃粗收入最高；2013 年一、二期作都以 210 kg N / ha 的處理組產量最好。另外，成熟期調查水稻氮養分吸收利用影響，在水稻植體氮養分濃度、乾物重與氮養分吸收量於各土系試驗組都隨氮肥用量增加而呈現遞增；在試驗組中氮肥利用效率都以 90 kg N / ha 處理組最好，一、二期作分別為 9.3-18.4 kg/kg-N、9.1-11.1 kg/kg-N 為最高。評估氮肥利用回收率(ANUE)，2013 年一、二期作分別為 23.1-24.0 %、15.9-27.6 %，且土系間 ANUE 表現則以番仔坡土系最佳，五分埔土系次之。氮收穫指數則隨氮肥用量增加而呈現遞減趨勢。

關鍵詞：土系；水稻；產量；氮肥。

前　　言

據鍾等[11]調查桃園縣、新竹縣、苗栗縣、彰化縣、臺南縣、高雄縣與屏東縣之西瓜、柑橘、高接梨、葡萄、洋香瓜、印度棗及蓮霧等作物產量及施肥量與土壤組之關係，顯示土壤肥力仍是限制作物產量之主要土壤因子。在限制因子中，以石灰含量高為其限制因子的土系數目最多，其次為排水不良者，酸性強者的土系數目則佔第三位多。因此，農民為達高產，常超量使用化學肥料，其原因除與肥料價格低佔生產成本之比例低，營養效應之明確與快速，則是農民施用高量肥料之另一原因。同時陳等[9]也指出，增加氮肥施用量將使穀粒及糙米之蛋白質含量增加，因而使食味變劣[16]。於水稻目前施肥量及推薦量資料及歷年調查資料顯示，施肥總量高居各項作物之冠，易造成水稻倒伏、病蟲害發生[16]。苗栗地區耕地受到地理環境影響，土壤母質呈現小面積和多樣化的特性，導致土壤性質呈現極大的變異，形成土壤過酸或過鹼，排水不良，石礫過多，土層淺薄，土壤養分有效性偏低等情形，對於耕作造成嚴重障礙，也對施肥效果造成極大的影響。針對此狀況，本研究選擇苗栗地區農耕地中三大土系，進行氮肥用量對水稻產量效益與氮養分吸收影響之田間試驗。藉此，瞭解水稻生產時的氮肥利用率與合理的氮肥施用量，強化環境永續生產管理技術，穩定糧食的供給，保護環境品質。

材料與方法

田間設計及肥培管理 針對苗栗縣水稻耕作田，選定三大土系，有後龍鎮復興里，其土壤為砂頁岩新冲積土番仔坡土系(Fp)[3]；公館鄉石墻村，其土壤為砂頁岩新冲積土五分埔土系(Wn)[3]；苑裡鎮山腳里(2012 年)及三義鄉鯉魚潭村(2013 年)，其土壤為板岩砂頁岩混合冲積土栗仔園土系(Su)[3]，進行田間試驗。試驗區試驗前土壤之土性[5]及土壤肥力性質如表一所示。

表 1、試驗前供試土系土壤理化性質調查

土系	土性	黏粒 %	砏粒 %	酸鹼值	電導度 dS/m	有機質 g/kg	有效磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂
							mg/kg			
Fp 系	L	15.5	33.2	5.5	0.133	20.2	27	65	770	165
Wn 系	L	19.5	43.2	5.6	0.118	23.8	33	63	722	131
Su 系*	L	21.5	39.2	4.8	0.414	26.6	12	61	932	169
Su 系**	SL	13.6	26.2	5.3	0.083	14.8	14	37	563	143

*2012 年苑裡田區；**2013 年三義田區。

每一土系試驗田採用逢機完全區集設計，五處理，三品種，三重複，計 45 小區，小區面積 8 m x 5 m = 40 m^2。供試之水稻品種如表二所示。

表 2；試驗區參試之水稻品種(* Su 土系_2012 年苑裡田區；2013 年三義田區。)

試驗區	2012 年		2013 年	
	1st	2nd	1st	2nd
Fp 土系	臺梗 9、臺南 11、臺梗 11	桃園 3、臺南 11、臺梗 11	臺梗 9、臺南 11、臺梗 14	同左
Wn 土系	臺梗 9、臺南 11、臺農 71	同左	臺梗 9、臺南 11、臺農 77	同左
Su 土系*	臺梗 9、臺南 11、高雄 145	臺梗 9、臺南 11、臺梗 14	臺中 192、臺南 11、苗栗 2	臺中 192、臺南 11、臺梗 16

化學氮肥用量分五級，分別 0，90，150，210 及 270 $kgha^{-1}$。磷肥用量為 60 kg P_2O_5 ha^{-1}。鉀肥用量為 90 kg K_2O ha^{-1}。肥料施用法依作物施肥手冊[13]推薦法行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥 25%，插秧後一期作 15 天，二期作 10 天施第一次追肥 20%，插秧後一期作 30 天，二期作 20 天施第二次追肥 30%及穗肥 25%施用。磷肥全量於基肥以過磷酸鈣施用，鉀肥以氯化鉀分別於第一次追肥 40%，第二次追肥 60%予以施用。實施期作兩年之插秧及收割行程如表三所示。

表 3:實施期作插秧及收割行程

實施期作	2012 年		2013 年	
	1st	2nd	1st	2nd
插秧日	3 月 2、3 日	7 月 26、27 日	3 月 2、3 日	7 月 26、30 日
收割日	6 月 27 日 ~ 7 月 11 日	11 月 1、6 日	7 月 1、11 日	11 月 14~19 日
栽培日數	114 ~ 127 日	92 ~ 104 日	126 ~ 130 日	112 ~ 115 日

調查及分析項目

水稻植體樣本於穗肥前及收獲時，以逢機方式每小區採取二株，清洗後以 70℃烘乾磨粉，分析水稻植體要素含量。氮之定量以農硫酸消化分解後，用微量擴散法測定，磷、鉀、鈣、鎂之測定則先用硝酸硫酸與過氯酸(4:1:1)等三酸混合液分解，磷用鉬黃法定量，鉀用焰光分析法，鈣及鎂則用原子吸光法測定[1、7]。土壤樣本於種植前以隨機分別採取表土(0~20cm)，進行風乾、萃土、過篩(2mm)。pH 值以玻璃電極法測定水:土(V:W)=(1:1)[6]，有機質以 Walkley-Black 法測定[18]，有效磷以白雷式第 1 法(Bray-1 P Method)測定[18]，交換性鉀、鈣、鎂用 1M 中性醋酸銨萃取，再 以原子吸光譜儀或火焰光度計測定[17]。水稻生育及成熟期分別調查農藝性狀及產

量等資料先做變方分析後，在以 Duncan 最小顯著變域法比較處理之變異性[8]。

結果討論

土系間氮肥用量對水稻生育之影響

本研究進行土系間氮肥用量 2 年四期作之水稻田間試驗，2012 年水稻插秧後第 53-58 天(1^{st})及 47-48 天(2^{nd})之生育調查結果。從表 4、6 中得知，一期作株高以番仔坡(Fp)土系 70.6-83.5 公分最高，二期作株高以五分埔(Wn)土系 82.6-90.2 公分最高；成熟期生長第 114-127 天(1^{st})及 92-104 天(2^{nd})之生育調查如表 5、7 所示，一、二期作株高都以番仔坡土系分 98.4-132.4 公分及 89.2-106.8 公分最高；各土系於對照組株高比較，一期作高於二期作，在栗子園(Su)土系增長 24-49 %為最高，五分埔土系增長 9-29 %為最低。在試驗組一期作以氮肥用量 90 公斤公頃處理與其他處理間株高有明顯差異；二期作以氮肥用量 90-150 公斤公頃處理與其他處理間株高有明顯差異。插秧後穗肥前之分櫱支數調查，在一期作各土系平均 21.6-25.6 支，土系中以栗子園土系表現最好；二期作各土系平均 13.1-18.9 支，其中以五分埔土系表現最好，試驗組中以番仔坡土系表現最佳。成熟期穗數調查，在一期作各土系平均 17.9-21.8 支，土系中以栗子園土系表現最好；二期作各土系平均 13.6-16.6 支，其中以番仔坡土系表現最高。有效分櫱平均比較，一期作有 84.6 %低於二期作 90.4 %，但在平均穗數則以一期作 19.4 支高於二期作 15.0 支。試驗組穗數隨氮肥用量增加而有提高，其增多幅度隨氮肥用量增加而逐漸趨於下降，在一期作以氮肥用量 90 公斤公頃處理與其他處理間穗支數有明顯差異；二期作以氮肥用量 90-150 公斤公頃處理與其他處理間穗支數有明顯差異。

2013 年水稻插秧後第 64-67 天(1^{st})及 45-48 天(2^{nd})之生育調查結果。從表 8、10 中得知，一、二期作株高都以番仔坡土系 64.9-75.1 公分(1^{st})及 81.1-87.2 公分(2^{nd})最高；成熟期生長第 126-130 天(1^{st})及 112-115 天(2^{nd})之生育調查如表 9、11 所示，一期作株高以番仔坡土系 91.7-112.4 公分最高，二期作株高以五分埔土系 93.8-112.2 公分最高；對照組各土系於株高比較，一期作增高率 41-48 %優於二期作 13-21 %，且在土系間以栗子園土系表現為最高。在試驗組則以隨氮肥用量增加處理間株高有明顯增加趨勢。插秧後穗肥前之分櫱支數調查，一期作各土系在對照組平均 19.5-20.5 支，土系中以栗子園土系表現最好，試驗組中以番仔坡土系表現最佳。二期作各土系平均 15.5-15.9 支，都以栗仔園土系表現最好。成熟期穗數調查，在一期作各土系平均 17.7-19.6 支，土系中以番仔坡土系表現最好；二期作各土系平均 12.7-14.7 支，其中以栗子園土系表現最高。有效分櫱平均比較，一期作有 96.0 %高於二期作 87.9 %，且平均穗數則以一期作 18.9 支高於二期作 13.8 支。試驗組穗數於各個土系間表現不一，但都隨氮肥用量增加而有增加，且與對照組在穗數上有明顯差異。據宋[4]及林[10]研究指出，施氮肥料量增加，可提高水稻分櫱

數及穗數之效果。綜合土系間氮肥用量對水稻生育之影響試驗，在一定範圍內，氮肥施用量越高則穗數、產量提升越多，過量施用肥料最終產量未必增加，反而因分櫱過盛造成通風不良，導致病蟲害孳生危害。

土系間氮肥用量對氮養分吸收之影響

本試驗採選番仔坡及五分埔土系係屬於砂頁岩新沖積土，土性為壤土；栗仔園土系屬於板岩砂頁岩混合新沖積土，2012 年苑裡試驗田區土性為壤土，2013 年三義試驗田區土性為砂壤土。於 2012-2013 年間執行四期作之水稻田間試驗，於每期作穗肥前及成熟期進行田間水稻氮養分吸收調查，結果如下說明。由表 12、13 及 14 中得知，2012 年穗肥前在水稻植體氮養分濃度、乾物重及氮養分吸收量呈現一期作大於二期作，且隨氮肥用量增加而有遞增跡象。從表中得知栗子園土系在一期作氮養分濃度及吸收量表現上差異，系於栽培調查時分櫱數控制不當之故所造成。由表 15、16 及 17 中得知，2012 年成熟期在水稻植體氮養分濃度、乾物重及氮養分吸收量的調查，結果發現無氮肥組與氮肥試驗組有顯著性差異。氮肥試驗組表現都隨氮肥用量增加而遞增，且用量愈高增幅逾見趨緩跡象，並呈現一期作大於二期作。無氮肥組在氮養分濃度及吸收量呈現二期作高於一期作，但在乾物重表現則反之。此差異系因氮養分吸收量與氣溫高低有關，且與栽培期作期間氣溫差異亦有關聯。土系間水稻植體氮養分吸收量表現以番子坡土系最好，栗子園土系次之，五分埔土系最低。由表 18、19 及 20 中得知，2013 年穗肥前在水稻植體氮養分濃度、乾物重及氮養分吸收量，在無氮肥組與氮肥試驗組在統計上有顯著性差異，氮肥試驗組呈現且隨氮肥用量增加而有遞增，遞增幅度隨用量增加而有縮小跡象。與 2012 年相較在穗肥前植體乾物重、氮養分吸收量呈現較低現象。但 2013 年一、二期作差異幅度小於 2012 年差異幅度，此差異是否為年度間氣候溫度差異所致，仍有待繼續探討之。由表 21、22 及 23 中得知，2013 年無氮肥組中成熟期植體氮養分吸收量表現以栗子園土系 33-39 $kgha^{-1}$ 最佳，五分埔土系 15.8-21.6 $kgha^{-1}$ 最低，番子坡土系 24.8-30.4 $kgha^{-1}$ 居中。從一、二期平均來看，植體氮養分、乾物重及氮養分吸收量，都呈現且隨氮肥用量增加而有遞增的現象，與 2012 年相較在成熟期水稻氮養分吸收量差異幅度為低，是否為年度間氣候溫度差異所致，仍有待繼續探討之。本試驗結果顯示植體及糙米之氮吸收量，隨著氮肥用量增加而呈遞增，氮收穫指數則呈遞減。與江(14)、賴(15)等研究結果頗有類似。

土系間氮肥用量對水稻產量之影響

2012 年土系間氮肥用量對水稻產量及粗收入之調查結果，由表 24、25 中得知，一期作產量以氮肥 90 公斤公頃處理平均公頃產量 6,295 公斤為最高，粗收入為 19,408 元；二期作產量以氮肥 150 公斤公頃處理平均公頃產量 5,716 公斤為最高，粗收入為 34,903 元。土系間一、二期作產量表現，都以番仔坡土系最好，栗仔園土系次之。由表 26 中得知，對穀物收穫指數而言，一期作土系間表現以番子坡土

系在以氮肥 90 公斤公頃處理可得 45.2% 指數最好。二期作土系間表現以栗子園土系在以氮肥 150 公斤公頃處理可得 45.2% 指數最好。一、二期作收穫指數隨氮肥用量增加在各土系間均有小幅度遞減現象。對氮肥利用率採用農藝效率表示其結果如表 27 所示，一、二期作氮肥利用率表現，都以氮肥 90 公斤公頃處理可得 9.3 及 11.1 kg/kg-N 最高。土系間一期作以五分埔土系 12.8 kg/kg-N 為最好，二期作以栗仔園土系 14.8 kg/kg-N 為較好。

2013 年土系間氮肥用量對水稻產量及粗收入之調查結果，由表 28、29 中得知，一期作產量以氮肥 210 公斤公頃處理平均公頃產量 7,989 公斤為最高，粗收入為 57,904 元；二期作產量以氮肥 210 公斤公頃處理平均公頃產量 5,592 公斤為最高，粗收入為 22,128 元。土系間產量表現，一期作以番仔坡土系最好，二期作栗仔園土系為佳。由表 30 中得知，對穀物收穫指數而言，一、二期作土系間表現以栗子園土系在以氮肥 150 公斤公頃處理可得 51.5-56.2% 指數最好。一、二期作氮肥試驗組收穫指數隨氮肥用量增加都有先增後遞減現象。對氮肥利用率採用農藝效率表示其結果如表 31 所示，一、二期作氮肥利用率表現，都以氮肥 90 公斤公頃處理可得 18.4 及 9.1 kg/kg-N。土系間一期作以番仔坡土系 26.5 kg/kg-N 為最好，二期作以五分埔土系 11.4 kg/kg-N 為較好。據謝、黃研究指出[2]水稻對氮肥之需要性，受土壤間差異之影響很大。綜合兩年土系間氮肥用量對水稻產量之影響試驗，大部分土系都可看到在一定範圍內，氮肥施用量越高則產量提升越多，但施肥無法無限制的增產[12]，少部分土系產量未見下降但都已出現增產縮小的跡象。且從 2013 年土系間氮肥利用回收率(ANUE)調查結果，也有類似現象。

參考文獻

1. 李蘭帝。1966。大量植體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法。中華農業研究 15:1-5。
2. 謝慶芳、黃山內。1976。水稻氮素肥料效率試驗。土壤肥料試驗報告。臺灣省農林廳。
3. 陳春泉。1977。新竹、苗栗縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第 34 號。中國農村復興聯合委員會補助。
4. 宋勳。1980。施肥法影響水稻碾米品質之研究。臺中區農業改良場研究彙報 3:20-24。
5. 王新傳。1981。鮑氏土壤機械分析法。p.27-29。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
6. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。p.9-26。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
7. 張愛華。1981。本省現行植物測定方法。p.53-59。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
8. 葉樹藩。1986。試驗設計學。國立台灣大學農學院。臺北。

9. 陳世雄等。1995。改善稻米品質之土壤與肥培管理技術改進與示範推廣。土壤肥料試驗報告。p.29-38。台灣省政府農林廳編印。
10. 林再發。1998。氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響。臺中區農業改良場研究彙報 61:13-23。
11. 鍾仁賜、何聖賓、許正一。2003。臺灣新研擬土壤管理組之施肥與作物產量之關係。土壤管理組規劃及應用研討會論文集。p.79-99。
12. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉。2004。水稻健康管理體系下之營養與水田管理。p.41-56。水稻健康管理研討會專輯(農業試驗所特刊第 111 號)。行政院農業委員 會農業試驗所編印。臺中。
13. 作物施肥手冊。2005。水稻。P.16-20。中華肥料協會。臺中。
14. 賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾。2012。氮肥用量對水稻產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 114:35-43。
15. 江志峰。2013。水稻氮素對群體質量提升與產量效應。合理化施肥輔導成果研討會論文專輯。臺中區農業改良場特刊 第 118 號。p.11-32。
16. 吳添益、蔡正賢、朱盛祺、鐘珮哲、張素貞。2013。苗栗區水稻合理化施肥技術之研究及應用。良質米研究團隊研發成果研討會專輯。臺中區農業改良場特刊 第 115 號。p.319-326。
17. Kundsen, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt.1982.Lithium,sodium and potassium. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II 2^{nd} edition. ASA, Madison. Wisconsin, USA. p.225-246.
18. Nelson, D. W. and L. E. Sommmers.1982. Total carbon,organic carbon and organic matter. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II 2^{nd} edition. ASA, Madison. Wisconsin, USA. p.539-579.

The influence of soil series and nitrogen rates on rice yield and nitrogen uptake.

Tian-Yih Wu,[1*] Jeng-Hsien Tsai[1,]
[1]Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R.O.C.
*E-mail: tianyih@mdais.gov.tw

Abstract

The test of rice nitrogen fertilization was conducted at 3 different soil series at Miaoli, Fangtzupo(Fp), Wufenpu(Wn), and Litzuyuan(Su) respectively. Each soil series had 3 rice cultivars and 5 nitrogen rate (0, 90, 150, 210, 270 kg ha^{-1}), with the fixed rate of 60 kg P_2O_5 ha^{-1} and 90 kg K_2O ha^{-1}. The result showed that soil series Fp had the highest yield at the first and second season, followed with soil series Su. The N rate of 150 kg ha^{-1} had the highest harvest index (48.3-52.2%) at year 2013. The soil series Su had the highest harvest index. The N rate which had highest yield and gross income was 90 and 150 kg ha^{-1} at year 2012, and 210 kg ha^{-1} at year 2013. The rice nitrogen content, dry weight and nitrogen uptake increased with nitrogen application at all three soil series. The N rate of 90 kg ha^{-1} had the highest nitrogen use efficiency (9.3-18.4 kg/kg-N at the first season and 9.1-11.1 kg/kg-N at the second season). The agronomic nitrogen use efficiency (ANUE) was 23.1-24.0 % at the first season and 15.9-27.6 % at the second season at year 2013. The soil series Fp had the highest ANUE, followed with soil series Wn. Nitrogen harvest index decreased with nitrogen application.

Keyword: soil series；rice : yield；nitrogen rate；nitrogen uptake.

表 **4**、**2012** 年一期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系	**Wn** 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系
CK*	**68.9c**	**70.6b**	**63.8b**	**21.6c**	**22.0d**	**25.3 d**
A	**75.1b**	**79.4a**	**72.9a**	**27.8b**	**27.6c**	**37.6 c**
B	**80.1a**	**81.9a**	**73.8a**	**32.3a**	**31.3b**	**38.9bc**
C	**79.9a**	**86.2a**	**74.3a**	**33.9a**	**36.5a**	**40.2ab**
D	**80.0a**	**83.5a**	**74.2a**	**34.2a**	**35.6a**	**42.0 a**

*CK：無氮肥區，A：90kg-N/ha，B：150kg-N/ha，C：210kg-N/ha，D：270kg-N/ha。

表 **5**、**2012** 年一期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系	**Wn** 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系
CK*	**88.5 c**	**98.4 d**	**95.2 c**	**17.9 b**	**18.6 c**	**21.8 b**
A	**102.5 b**	**113.4 c**	**107.1 b**	**23.1 a**	**23.2 b**	**26.1 a**
B	**110.7 a**	**123.5 b**	**113.9 a**	**26.6 a**	**25.1 ab**	**27.6 a**
C	**114.9 a**	**133.2 a**	**114.5 a**	**26.9 a**	**27.4 a**	**28.2 a**
D	**112.9 a**	**132.4 ab**	**117.1 a**	**25.8 a**	**26.6 a**	**28.1 a**

*同表 4 說明。

表 **6**、**2012** 年二期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系	**Wn** 土系	**Fp** 土系	**Su** 土系
CK*	**82.6a**	**76.1c**	**65.9c**	**18.7b**	**18.1c**	**13.1c**
A	**84.9a**	**81.0b**	**69.2b**	**21.7ab**	**24.2b**	**15.0bc**
B	**88.1a**	**83.0ab**	**68.4c**	**22.7ab**	**26.2ab**	**17.3ab**
C	**87.9a**	**84.0ab**	**72.2ab**	**24.0a**	**29.1a**	**18.3a**
D	**90.2a**	**86.0a**	**74.1a**	**23.9a**	**29.3a**	**19.2a**

*同表 4 說明。

表 **7**、**2012** 年二期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	89.9 c	89.2 d	81.8 d	14.8 c	16.6 d	13.7 c
A	95.6 b	96.7 c	89.5 c	16.2 bc	21.9 c	16.0 b
B	98.0 ab	100.1bc	95.7 b	18.4 ab	24.3 bc	18.1 ab
C	101.1 a	103.8ab	99.2 ab	19.0 a	26.6 ab	19.6 a
D	102.5 a	106.8 a	102.7 a	19.5 a	27.7 a	19.8 a

*同表 4 說明。

表 **8**、**2013** 年一期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	60.1 c	64.9 b	63.5a	19.5 d	20.3c	20.5b
A	63.8 b	69.7ab	66.3a	21.4 c	24.4b	22.0a
B	68.7ab	71.6ab	66.0a	23.9 b	25.3b	22.7a
C	70.5 a	73.1 a	66.8a	24.4ab	26.7a	23.1a
D	70.8 a	75.1 a	66.2a	25.7 a	27.8a	23.1a

*同表 4 說明。

表 **9**、**2013** 年一期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	86.0 c	91.7 c	93.7 b	17.7 c	19.6 c	19.5 d
A	93.6 b	102.4b	95.5ab	20.7 b	22.4 b	20.9 c
B	99.3ab	105.7ab	97.4ab	23.5 a	26.2 a	21.7bc
C	103.4 a	108.9ab	99.1ab	24.2 a	27.0 a	22.5ab
D	105.0 a	112.4 a	100.9 a	24.3 a	27.5 a	23.3 a

*同表 4 說明。

表 10、2013 年二期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量(kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	77.4 b	81.1 d	85.2a	15.7c	15.5e	15.9d
A	76.1 b	83.1 c	86.5a	17.1b	17.0d	18.1c
B	78.1ab	85.2 b	85.1a	18.0b	19.3c	19.0c
C	80.9ab	86.2ab	86.4a	19.3a	20.3b	20.5b
D	82.9 a	87.2 a	85.4a	20.0a	22.7a	22.7a

*同表 4 說明。

表 11、2013 年二期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量(kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	93.8 e	93.3 b	96.0 b	12.7 e	14.0 c	14.7 e
A	99.1 d	98.5ab	99.5ab	15.7 d	17.1 b	17.8 d
B	103.4 c	101.2a	101.2ab	17.9 c	18.3ab	20.8 c
C	108.2 b	103.9a	103.7ab	19.7 b	21.5 a	23.4 b
D	112.2 a	104.1a	106.3 a	22.1 a	21.2 a	25.3 a

*同表 4 說明。

表 12、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體氮養分濃度(g/kg)之調查(2012)

氮肥用量(kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	13.5 d	12.1 b	18.4 c	11.5 c	20.4 d	11.3 a	17.4 a	11.6 c
A	16.5 c	13.9 ab	23.0 b	13.0 bc	35.1 c	10.4 a	24.9 a	12.4bc
B	18.2 b	14.3 ab	22.9 b	14.3 bc	36.4 bc	11.7a	25.8 a	13.4bc
C	17.0 bc	15.9 ab	27.5 a	15.2 b	40.0 a	13.2 a	28.2 a	14.8ab
D	18.9 a	16.3 a	24.3 b	18.6 a	37.5 b	14.7 a	26.9 a	16.5 a

*同表 4 說明。

表 13、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體乾物重(g/plant)之調查(2012)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	20.8c	19.6 b	25.5 c	21.6 c	19.0b	12.2c	21.8 a	17.8 a
A	30.4b	23.5 a	39.8 b	29.6 b	27.5a	15.6bc	32.6 a	22.9 a
B	31.8ab	24.7 a	42.1ab	31.8 b	25.9a	18.8ab	33.3 a	25.1 a
C	32.5ab	24.8 a	45.1ab	34.9ab	25.9a	20.2a	34.5 a	26.6 a
D	34.4a	25.5 a	47.1a	36.3 a	25.5a	20.9a	35.7 a	27.6 a

*同表 4 說明。

表 14、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體氮養分吸收量(kg/ha)之調查(2012)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	46.6 c	39.7 b	78.8 c	41.5 d	64.9 b	22.5 d	63.4 b	34.6b
A	84.0 b	54.2ab	152.3b	65.6 c	160.9 a	26.4 c	132.4ab	48.7ab
B	96.7ab	58.7ab	160.9 b	76.1 bc	157.1 a	36.5 bc	138.2ab	57.1ab
C	92.4ab	65.5 a	206.9 a	88.4 b	172.7 a	44.3ab	157.3 a	66.1ab
D	108.6 a	70.1 a	191.0ab	112.9a	159.5 a	51.0 a	153.0 a	78.0 a

*同表 4 說明。

表 15、土系間氮肥用量對採收前水稻植體氮養分濃度(g/kg)之調查(2012)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	3.16 d	4.74 d	4.86 e	4.97 d	2.97 d	4.40 e	3.66 c	4.70 c
A	5.26 c	5.62 c	7.49 d	6.70 c	6.46 c	5.72 d	6.40 b	6.01bc
B	8.01 b	6.70 b	9.50 c	7.15 c	9.06 b	7.87 c	8.86ab	7.24 b
C	9.13 a	7.17 b	10.9 b	8.04 b	9.79 b	9.36 b	9.94 a	8.19ab
D	7.35 b	8.11 a	12.7 a	9.80 a	11.0 a	10.97 a	10.35 a	9.63 a

*同表 4 說明。

表 16、土系間氮肥用量對採收前水稻植體乾物重(g/plant)之調查(2012)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	35.1 b	27.9 c	41.8 b	39.8 b	45.1 b	35.9 b	40.7 b	34.5 b
A	47.9ab	32.2bc	52.5 a	49.0ab	50.9ab	44.5 a	50.4 a	41.9ab
B	47.3ab	40.0ab	60.9 a	50.9ab	49.2ab	41.2ab	52.5 a	44.0ab
C	50.9 a	44.6 a	60.3 a	57.2 a	56.4 a	43.7ab	55.9 a	48.5 a
D	49.3ab	44.5 a	58.7 a	57.8 a	55.3 a	48.9 a	54.4 a	50.4 a

*同表 4 說明。

表 17、土系間氮肥用量對採收前水稻植體氮養分吸收量(kg/ha)之調查(2012)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	18.4d	22.1 c	33.9 d	33.1 d	22.4 d	26.3 e	24.9 c	27.2 c
A	41.9c	30.1 c	65.7 c	54.8 c	55.0 c	42.3 d	54.2 b	42.4bc
B	62.8ab	45.2 b	96.3 b	60.5bc	74.0 b	54.1 c	77.7ab	53.3 b
C	77.8a	53.3ab	109.1b	76.6ab	91.9 a	68.1 b	92.9 a	66.0ab
D	60.8b	60.3 a	124.2a	94.7 a	101.7 a	88.9 a	95.6 a	81.3 a

*同表 4 說明。

表 18、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體氮養分濃度(g/kg)之調查(2013)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	11.0 b	14.5 c	16.1 c	14.2 c	24.6 a	17.6 ab	17.2 a	15.4 b
A	12.0 b	16.6 bc	17.3 c	15.4 bc	23.6ab	17.9 ab	17.6 a	16.6 ab
B	13.5 a	19.1 ab	18.6 b	16.8abc	21.1 c	18.7 a	17.7 a	18.2 ab
C	14.7 a	21.3 a	21.8 a	18.5 a	22.2bc	16.9 b	19.6 a	18.9 a
D	11.8 b	20.3 a	21.4 a	18.3 ab	22.5bc	16.6 b	18.6 a	18.4 ab

*同表 4 說明。

表 19、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體乾物重(g/plant)之調查(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	14.2 c	10.5 d	14.1c	17.2 c	12.0d	21.9 b	13.4 b	16.6 b
A	19.4 b	13.5 c	20.0b	21.7 b	15.3c	23.6 b	18.2 ab	19.6 ab
B	23.1 a	15.7 c	25.1a	24.7ab	16.1bc	23.1 b	21.4 a	21.2 ab
C	24.8 a	18.2 b	26.0a	25.3 a	19.4a	29.4 a	23.4 a	24.3 ab
D	24.4 a	20.8 a	28.1a	26.8 a	17.6b	32.2 a	23.4 a	26.6 a

*同表 4 說明。

表 20、土系間氮肥用量對穗肥前水稻植體氮養分吸收量(kg/ha)之調查(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	26.1 d	25.5 c	37.8 d	40.7 d	49.3 c	64.7 c	37.7 b	43.6 c
A	38.8 c	37.5 bc	58.0 c	55.7 c	60.2 b	70.4 bc	52.3 ab	54.5 bc
B	52.2 b	50.2 b	77.8 b	69.2 b	56.6 b	72.1 bc	62.2 ab	63.8abc
C	60.7 a	64.5 ab	94.6 a	77.8 ab	71.5 a	83.1 ab	75.6 a	75.1ab
D	47.9 b	70.7 a	100.5 a	81.1 a	65.9 ab	89.4 a	71.4 a	80.4 a

*同表 4 說明。

表 21、土系間氮肥用量對採收前水稻植體氮養分濃度(g/kg)之調查(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	3.07 c	5.12 c	4.56 c	4.66 c	6.27 a	6.30 a	4.64 a	5.36 b
A	4.13 bc	6.60 bc	6.32 b	7.39 ab	6.07 a	6.44 a	5.51 a	6.81 ab
B	5.10 ab	7.55 b	7.70 b	7.04 b	6.15 a	6.21 a	6.32 a	6.93 ab
C	5.34 ab	9.23 a	9.35 a	8.51 ab	6.04 a	5.89 a	6.91 a	7.88 a
D	5.70 a	8.62 ab	10.85 a	8.99 a	6.10 a	6.55 a	7.55 a	8.05 a

*同表 4 說明。

表 22、土系間氮肥用量對採收前水稻植體乾物重(g/plant)之調查(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	31.0 c	25.4 c	40.0 c	32.3 b	37.0 c	31.3 d	36.0 b	29.7 c
A	36.8 bc	30.7 bc	45.4 bc	39.4ab	39.6 bc	39.1 bc	40.6 b	36.4abc
B	38.8 b	32.2 b	53.1 b	37.4ab	37.1 c	35.4 c	43.0ab	35.0bc
C	49.9 a	34.5 b	52.0 b	43.2 a	43.1ab	42.2ab	48.3ab	40.0ab
D	54.3 a	42.1 a	65.0 a	40.0ab	44.5 a	44.4 a	54.6 a	42.2 a

*同表 4 說明。

表 23、土系間氮肥用量對採收前水稻植體氮養分吸收量(kg/ha)之調查(2013)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	15.8 c	21.6 c	30.4 d	24.8 b	39.0a	33.0b	28.4 b	26.5 c
A	25.6 b	33.8 bc	47.8 c	48.4 a	40.2a	42.1ab	37.9ab	41.4 b
B	32.7 b	40.6 b	67.7 b	44.3 ab	38.0a	36.8b	46.1ab	40.6 b
C	44.4 a	53.2 ab	80.8 b	61.6 a	43.3a	41.4ab	56.2ab	52.1ab
D	51.6 a	60.7 a	117.7 a	60.6 a	45.4a	48.5a	71.6 a	56.6 a

*同表 4 說明。

表 24、2012 年一期作土系間氮肥用量對產量及粗收入***之表現

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異** (元/公頃)
CK*	3,999 a	6,343 bc	6,045 ab	5,462 a	0
A	5,152 a	7,212 ab	6,522 a	6,295 a	19,408
B	4,871 a	7,121 ab	5,747 b	5,913 a	7,976
C	4,794 a	6,252 c	5,320 bc	5,455 a	-5,432
D	5,411 a	6,839 b	4,860 c	5,703 a	-484

*同表 4 說明。**粗收入差異=施氮區粗收入-無氮區粗收入-氮肥成本。
***粗收入稻穀以每公斤 26 元計算。氮肥成本每公斤以 25 元計算。

表 25、2012 年二期作土系間氮肥用量對產量及粗收入***之表現

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異** (元/公頃)
CK*	3,870 a	5,200 b	3,619 c	4,230 a	0
A	4,252 a	6,480 a	4,952 b	5,228 a	23,706
B	4,846 a	6,645 a	5,658 ab	5,716 a	34,903
C	4,888 a	6,695 a	5,560 ab	5,714 a	33,351
D	4,732 a	6,679 a	5,726 a	5,712 a	31,799

*同表 24 說明。

表 26、土系間氮肥用量對水稻收穫指數(HI)之調查(2012)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	40.6	45.3	47.7	44.1	44.6	37.9	44.3 a	42.4 a
A	39.2	43.7	45.2	44.3	43.5	40.0	42.6ab	42.7 a
B	38.2	41.7	41.2	44.0	41.2	45.2	40.2abc	43.6 a
C	36.1	39.4	38.4	41.4	36.1	43.2	36.9 c	41.3 a
D	39.7	38.6	41.1	41.1	34.5	41.3	38.5bc	40.3 a

*同表 4 說明。

表 27、土系間氮肥用量對氮肥利用率之表現(2012)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (kg/kg-N)		Fp 土系 (kg/kg-N)		Sn 土系 (kg/kg-N)		AVG (kg/kg-N)	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	0	0	0	0	0	0	0	0
A	12.8 a	4.2 a	9.7 a	14.2 a	5.3 a	14.8 a	9.3 a	11.1 a
B	5.8 a	6.5 a	5.2 ab	9.6 ab	-2.0ab	13.6ab	3.0 ab	9.9 a
C	3.8 a	4.8 a	-0.4 c	7.1 b	-3.4ab	9.2bc	-0.03b	7.1 a
D	5.2 a	3.2 a	1.8 bc	5.5 b	-4.4 b	7.8 c	0.89b	5.5 a

*同表 4 說明。

表 28、2013 年一期作土系間氮肥用量對產量及粗收入***之表現

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異** (元/公頃)
CK*	4,206 a	6,120 a	6,355 a	5,560 a	0
A	5,880 a	8,502 b	7,254 a	7,212 ab	40,702
B	6,795 b	8,563 b	7,935 a	7,764 b	53,554
C	7,176 b	8,782 b	8,009 a	7,989 b	57,904
D	7,328 b	8,195 b	8,007 a	7,843 b	52,608

*同表 24 說明。

表 29、2013 年二期作土系間氮肥用量對產量及粗收入***之表現

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異** (元/公頃)
CK*	3,955 b	4,291 a	5,371 b	4,539 a	0
A	4,981 ab	4,795 a	6,297 a	5,358 a	19,044
B	5,156 a	4,985 a	6,242 a	5,461 a	20,222
C	5,349 a	5,128 a	6,300 a	5,592 a	22,128
D	5,121 a	5,125 a	5,911 a	5,386 a	15,272

*同表 24 說明。

表 30、土系間氮肥用量對水稻收穫指數(HI)之調查(2013)

氮肥用量	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
(kg/ha)	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	44.9a	48.3a	47.8ab	44.4a	50.8 a	50.7ab	47.8 a	47.8 a
A	48.9a	49.3a	53.0a	42.2a	52.4 a	49.1ab	51.4 a	46.9 a
B	51.2a	49.0a	49.2a	44.4a	56.2 a	51.5 a	52.2 a	48.3 a
C	46.3a	48.2a	50.3a	41.6a	52.8 a	47.2bc	49.8 a	45.7 a
D	44.8a	42.2b	43.1b	43.5a	51.9 a	44.4 c	46.6 a	43.4 a

*同表 4 說明。

表 31、土系間氮肥用量對氮肥利用率之表現(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (kg/kg-N)		Fp 土系 (kg/kg-N)		Su 土系 (kg/kg-N)		AVG (kg/kg-N)	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	0	0	0	0	0	0	0	0
A	18.6 a	11.4 a	26.5 a	5.6 a	10.0 a	10.3 a	18.4 a	9.1 a
B	17.3 ab	8.0 ab	16.3 b	4.6 a	10.5 a	5.8 b	14.7 ab	6.1 ab
C	14.1 ab	6.6 ab	12.7 b	4.0 a	7.9 a	4.4 b	11.6 ab	5.0 b
D	11.5 b	4.3 b	7.7 c	3.1 a	6.1 a	2.0 c	8.4 b	3.1 b

*同表 4 說明。

臺中區水稻施肥管理回顧與展望

Retrospect and prospect of fertilizer management on paddies of Taichung area

陳鴻堂[1,*]、郭雅紋[1]、曾宥綋[1]

[1]行政院農業委員會臺中區農業改良場作物環境課

*E-mail：chenhgtg@tdais.gov.tw

摘　要

回顧臺中區水稻肥培管理研究從深層施肥提高氮素肥效，掩埋滿江紅當綠肥，酸性稻田連用矽酸爐渣與進行土壤肥力能限分類單位稻田之氮磷鉀肥效應試驗結果，土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮量較正常土壤為大，稻谷產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻谷產量反而較低，排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。雨量少，日照充足，施用高於平常推薦量之氮肥，明顯促進稻作增產，低氮則明顯減產，無氮區生育及產量最差，10 處平均衹達高氮區之 76.6%。氮肥深施，在中細質地土壤對稻谷增產效果大，粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮肥深施則顯減產。稻田施矽效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6 me/100 g 之低量鉀鐵土壤)較需要高量磷鉀肥(一期作 P_2O_5 80、K_2O6 0 kg/ha，二期作 P_2O_5 80、K_2O 80 kg/ha)，Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)與 LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)多施磷鉀肥對稻谷增產頗有效果。1992 年調查台中地區氮素施用量已高達 220 kg、磷酐 60 kg、氧化鉀 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。102 年 1、2 期作在石灰性粘板岩沖積土鹿港系，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力之效應。1 期作試驗每公頃稻穀產量最高處理為，臺南 11 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀公頃 7,936 公斤。臺稉 9 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,779 公斤。臺中秈 10 號每公頃施用氮素 150 與 210 公斤區均為稻穀每公頃 7,884 公斤。第 2 期作每公頃稻穀產量最高處理為，臺南 11 號每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀每公頃 4,561 公斤。臺稉 9 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 4,169 公斤。臺中秈 10 號每公頃施用氮素 90 公斤區之稻穀每公頃 4,100 公斤。

鹿港 Lu 系土壤一期作氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率影響，臺南 11 號氮肥氮利用效率以每公頃施氮 210 公斤氮素之氮利用效率 47.90%最高，氮利用效率臺稉 9 號以每公頃施氮素 150 公斤之氮利用效率 53.19%最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮素 90 公斤之氮利用效率 54.43 最高。一期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg^{-1} 最高，臺稉 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg^{-1} 最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 16.46 kg kg^{-1} 最高，一期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影

響，臺南 11 號、臺稉 9 號與臺中秈 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 30.54、25.46 與 23.66 kg kg^{-1} 最高。二期作氮肥施用量對臺南 11 號、臺稉 9 號與臺中秈 10 號三品種水稻氮利用效率影響，均以每公頃施氮素 210 公斤之氮利用效率分別為 24.74、22.99 與 28.33%最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 4.91 kg kg^{-1} 最高，臺稉 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 6.21 kg kg^{-1} 最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 1.28 kg kg^{-1} 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號與臺中秈 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 23.16 與 27.08 kg kg^{-1} 最高，而臺稉 9 號則以每公頃施氮 90 公斤之生理效率 79.57 kg kg^{-1} 最高。

前　　言

臺灣水稻每公頃平均之稻穀產量在 1960 年為 2,522 公斤、1970 年為 3,173 公 斤、1980 年為 3,692 公斤，1990 年為 4,934 公斤，2000 年為 5,613 公斤，2010 年為 5,920 公斤，顯示單位面積產量逐年提高。水稻栽培需要選擇優良品種、以純熟的栽培

技術及良好之氣候條件等因素的配合，稻穀才能獲得高產，在投入相同的人力、物力下，稻穀的生產量的多寡，直接影響稻農利潤的高低。目前水稻栽培面積較廣之品種，大多數是比較耐肥且產量高之品種，所以稻農的肥培管理措施中、氮、磷與鉀三種水稻必需要素之施用量、常高於正常水稻生長之需求量，其中又以對水稻的增產效果最大的氮肥過量施肥最明顯，因而常發生各種程度之不良影響，直接影響稻米品質並造成水稻減產。為配合水稻品種的不斷推陳出新，必須進行水稻合理肥培管理技術之研究，所以只要有水稻的種植，就須詳細研究合理之肥培管理措施，提供農民栽培水稻施肥之參考。

內　容

臺中區水稻肥培管理回顧**(1976-1992)**

在探求增進氮素肥料效率之方法，顯示尿素以泥土或衛生紙包裹施於地下八公分處，可使氮肥之效率顯著地提高，僅用標準量之 **60%** 氮肥即可獲得與使用 **100%** 氮肥分四次撒施之方法同樣之產量。 施肥法影響水稻碾米品質之研究，肥料處理影響碾米品質，尤其是完整米率，又 肥料處理亦影響收穫稻谷水份，而收穫稻谷水份與完整米率成極顯著之正相關， 糙米百粒重傾向與碾米品質呈負相關， 近山坡地強酸性土壤之水田試驗結果，水稻每公頃施矽酸爐渣 3 公噸對水稻有增

產效果，1 期作最高為 5.5%(稻穀 324Kg/ha)，2 處平均 4.2%，2 期作最高為 4.3%(稻穀 250Kg/ha)，2 處平均 2.5%。氮素施用量以一期作 80～105 Kg/ha、二期作 70～90 Kg/ha 較合適、顯示與較平地一般水田使用量一期作 120～140 Kg/ha，二期作

1000～1200 Kg/ha 相較約減少氮素 30％。 滿江紅(Azolla)之生長適應性及其當綠肥施用對水稻之生育效果，一連串之試驗經 於六十九年及七十年在本場進行。結果顯示引進之 A. pinnata 及 A. filiculoides 在 田間(砂頁岩沖積土微酸性)狀況下生長相當迅速，其增殖率每 4～7 日調查一次之 每日平均前者為 25.8%及 23.6%，亦即在 3.89 日及 4.24 日可增殖一倍，滿江紅在 各種不同土壤中以砂頁岩沖積土生長最佳，平均為 4.9 倍粘板岩老沖積土 3.66 倍 次之，新沖積土 3.36 倍又次之，紅壤 3.32 倍最差。可能與土壤之磷酐之含量有關。 滿江紅當綠肥掩埋可促進水稻初期之生長及後期之稻谷產量。最高分蘗期之株高 與分蘗調查發現掩埋期已較對照區為優，而後期增加株高 6.4 公分，分蘗(穗數)1.0 支更為明顯。每公頃掩埋 40 公噸之新鮮滿江紅時，其稻谷產量平均較對照區增

19%，A. pinnata 略較 A. filiculoides 為優，但兩者相差不明顯。增產之原因為增加每欉之穗數，每穗粒數及提高稔實率。每公頃掩埋 40 公噸之滿江紅，其肥效相當於 80 公斤之氮素化學肥料分四次施用。但僅施用滿江紅並不能使水稻獲得最高產量，配合 80 公斤之氮素化肥可達高產。 插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果試驗，插秧與深層施肥，不論粘質壤土或

砂質壤土均可作業，其結果：深層施肥區比對照區，除可節省氮肥 16.8～18.3%外，又可增產稻穀 1.6～11%。

稻田掩埋滿江紅對水稻生育之影響，掩埋滿江紅可增加土壤有機質含量，減低土壤密實性，促進土壤微生物活動，增加水稻有效分蘗數，提高稻作產量。在不施氮肥情形下，水稻產量以前作加間作(插秧前 1 天及插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理較對照增產 30.6%34.3％。間作(插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理增產 23.3% 22.6％。前作(插秧前 1 天)掩埋滿江紅處理增產 18.6%。滿江紅間作放任(放植不掩埋) 處理增產 10.3%。顯示掩埋滿江紅可節省化學氮肥 60～70 kg/ha。

酸性稻田連用矽酸爐渣之效果及其殘效，結果顯示第一次施用矽酸爐渣對當期作之水稻即有增進生長之效果，稻谷增產率為 3.3～6.6% (稻谷 220～368 公斤/公頃)，連續施用時之增產效果更佳，其增產幅度最高達 18.8%。兩地平均增產率在 1.5 公噸/公頃矽酸爐渣區為 6.8% (稻谷每作增產 402 公斤/公頃)，3.0 公噸/公頃區 為 9.7% (稻谷每作 573 公斤/公頃)。由統計分析結果顯示施用矽酸爐渣明顯的提高初期株高、分蘗，成熟期之穗數、穗長、每穗粒數及稔實率。施用矽酸爐渣可提高土壤中之 pH、有效性矽酸、交換性鈣、鎂之含量，並可降低有毒性之鋁、鐵離子，同時增加水稻對主要病害如稻熱病、紋枯病及胡麻葉枯病之抗病能力 。彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之氮肥效應試驗，結果顯示不同土壤 需要不同氮素用量，表土質地較粘重之土壤，稻谷產量大於粗質地疏鬆土壤，其 氮素需要量較少。表土質地相同，如底土質地不同，則氮肥用量亦異。底土質地 愈粗，需氮量愈大，每公頃每期作約需增加 10～30 公斤氮素。除質地有影響外， 土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮量較正常土壤為 大，稻谷產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻谷產量反而較低，

排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。氮肥深施，在中細質地土壤對稻谷增產效果大，於此類土壤平均較對照區增產 5.7%。且可減少施肥次數二～三次，節省人力及氮素用量(平均每公頃節省 38.2 公斤)，但粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮肥深施則明顯減產。稻田施矽效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。

彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之磷鉀肥效應試驗，此分類單位為 L (表 底土質地均為壤質之土壤) Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)、LC (表土質地 壤質，底土質地為粘質之土壤)、LCb (表土壤質，底土粘質之石灰性土壤)、LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)、LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6me/100g 之低量鉀鐵土壤)、LSbekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6me/100g 之低量鉀鐵之石灰性土壤)等，試驗結果顯示：1.LSekf 類土壤較需要高量磷鉀肥(一期作 P_2O_5 80、K_2O 60 kg/ha，二期作 P_2O_5 60、K_2O 80 kg/ha)。2.Ld、LCd 類土壤多施磷鉀肥對稻谷增產頗有效果。3.其他土壤如 L、LC、LCb、LSbekf 等，不論土壤中磷鉀含量多寡，均以施用中量磷鉀肥(一期作 P_2O_5 40、K_2O30 kg/ha，二期作 P_2O_5 30 、 K_2O 40 kg/ha)較為經濟。

台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究Ⅰ．水稻施肥量與施肥次數，結果如下：一、無論梗稻、秈稻或糯稻，氮肥以施用四次居多，磷肥、鉀肥皆以二次最普遍。二、台中地區氮肥施用量已高達 220 kg、磷肥 60 kg、鉀肥 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。三、單質肥料的施用已有部分逐漸被複合肥料取 代，目前使用最多者為台肥 1 號、5 號及 39 號肥料 。

台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究Ⅱ.水稻期作、類型及地域間施肥量的統計檢定，結果顯示無論現在或五年前水稻期作間氮、磷、鉀肥的施用量均無顯著差異，而相同期作下不同水稻類型間氮肥的施用量亦無顯著差異，但鉀肥的施用量則顯示有顯著的不同。此與作物施肥手冊中水稻推薦施肥之情況不一致。

臺中區水稻肥培管理現況與展望(1992-2015)

五種氮肥用量(0、90、150、210 及 270 kg N ha-1)對水稻產量之影響，找出最高產量 90%之氮肥用量，並以迴歸分析求得氮肥施用量與最高產量的關係，期能降低化學肥料之用量。試驗第一期作於臺中市大雅區進行，為砂頁岩非石灰性老沖積土，水稻供試品種為台農 71 號；第二期作於大雅區紅壤土進行，水稻供試品種為臺南 11 號。經二次式迴歸分析結果顯示，最高產量 90%之氮肥用量，以 130 kg N ha-1 (125-139 kg N ha-1 範圍)，可生產稻穀 7,000 kg ha-1，足夠水稻全生育期之養分(r 值為 0.62**, P ≦ 0.05, n = 20)，故本地區水稻氮肥推薦量為每公頃 130 kg。糙米之氮含量隨著氮肥用量而增加，鉀含量則相反，隨著氮肥用量增加而減少，顯示氮肥用量會影響糙米品質。氮肥用量與水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果，顯示兩者之間呈極顯著相關。以稻穀最高產量(7,364 kg ha-1)之氮肥施用量為依歸，以迴歸程式求得最高產量的 90%之氮肥用量，為 125～139 kg N ha-1。據黃等人(9)之研究指出，一般平地之水稻一期作的氮肥推薦量約為 120～140 kg N ha-1。

由此推之，130 kg N ha-1 氮肥施用量已足夠水稻生長所需，而一般農民高達 200 kg N ha-1 以上，若非屬漏水田之土壤，應屬過量施肥。

102 年於粘板岩石灰性沖積土鹿港(Lu)系土壤，進行水稻五種氮肥用量(0、90、150、210 及 270 kg N ha^{-1})對水稻生長之影響，試驗結果，氮肥用量對三品種水稻產量影響如表 1 所示，臺南 11 號每公頃稻穀產量在 5,714-7,936 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,936 公斤。臺稉 9 號每公頃稻穀產量在 5,714-7,779 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,779 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量在 6,243-7,884 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 150 與 210 公斤區均為稻穀每公頃 7,884 公斤。102 年第一期作鹿港粘板岩沖積土試驗結果顯示，水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳。二期作試驗臺南 11 號每公頃稻穀產量在 3,529-4,561 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀每公頃 4,561 公斤。臺稉 9 號每公頃稻穀產量在 3,238-4,169 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 4,169 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量在 3,613-4,100 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 90 公斤。102 年第 2 期作鹿港粘板岩沖積土試驗結果顯示，水稻臺南 11 號每公頃氮素施用量以 210 公斤增產效果較佳，臺稉 9 號水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳，臺中秈 10 號水稻每公頃氮素施用量以 90 公斤增產效果較佳。

表 **1**、氮肥用量對水稻三品種之農藝性狀和產量影響**(**鹿港 **Lu** 系土壤**)**

N kg ha^{-1}	一期作					二期作				
	株高(cm)	分蘗數	株高(cm)	穗數	稻穀產量(kg/ha)	株高(cm)	分蘗數	株高(cm)	穗數	稻穀產量(kg/ha)
					臺南11號 Tainan 11					
0	52.7a*	20.3a	90.3b	19.0c	5,714b	51.8c	13.7c	80.0c	12.2c	3,529c
90	54.1a	21.7a	95.9b	21.3c	7,103a	59.0b	16.9bc	82.0bc	13.1bc	3,846c
150	58.2a	23.4a	104.8a	22.6b	7,936a	60.1b	17.5b	84.2b	13.3bc	4,190b
210	59.1a	23.4a	109.4a	24.8a	7,831a	66.2a	22.0a	88.9a	15.0ab	4,561a
270	58.6a	22.1a	110.6a	25.9a	7,354a	66.7a	23.0a	89.9a	15.9a	4,370ab
					臺稉9號 Taiken 9					
0	53.9c	18.9c	101.1d	16.5c	[illegible]	50.6c	12.6c	85.6d	12.6b	3,238b
90	60.1b	21.1bc	110.7c	20.4b	6,614ab	57.6b	16.2b	92.3c	13.6ab	3,767a
150	64.5ab	25.1ab	116.4b	22.3ab	7,778a	59.6b	16.8b	95.2b	14.6a	4,169a
210	68.1a	27.3a	120.9ab	23.0ab	7,354a	64.7a	20.6a	98.3a	15.0a	4,138a
270	67.0a	28.4a	121.7a	24.0a	6,508ab	65.1a	21.4a	99.0a	14.5a	4,053a

臺中秈 **10** 號 **Taichung Sen 10**										
0	61.0c	20.0c	111.4c	14.2c	6,243b	59.2c	17.8c	97.6c	13.1c	4,016a
90	65.6bc	22.5bc	119.2ab	18.7ab	7,725a	63.2c	21.8b	98.9bc	14.3bc	4,100a
150	70.4ab	26.0ab	116.5bc	17.5b	7,884a	69.0ab	23.3b	100.7ab	15.9ab	3,968ab
210	71.5a	27.8ab	120.2ab	18.4ab	7,884a	67.9b	24.8ab	100.2abc	17.6a	4,000a
270	73.0a	28.7a	122.2a	20.9a	7,672a	72.2a	27.7a	101.7a	16.8a	3,614b

* 英文字母相同表示 5%差異不顯著。

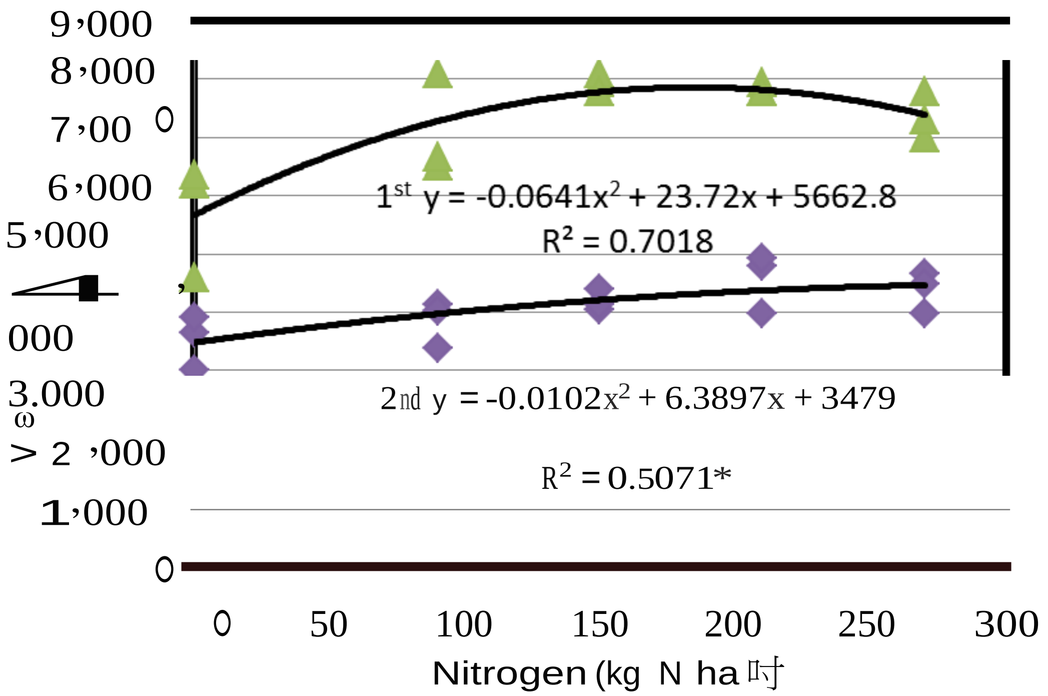
一期作水稻氮肥用量試驗，每公頃施 0、90、150、210 及 270 公斤五級處理之生育期株高臺南 11 號分別為 51.7、55.1、58.2、59.1 及 58.6 公分，臺稉 9 號分別為 53.9、60.1、64.5、68.1 及 67.0 公分，臺中秈 10 號分別為 61.0、65.6、70.4、71.5 及 73.0 公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株高度。與賴等 1996 指出臺中秈 10 號之株高對施氮量呈直線相關，及施氮量越多水稻植株越高。生育期水稻分孽數調查顯示，臺南 11 號為 20.3、21.4、23.4、23.4 及 22.1 支，臺稉 9 號為 18.9、21.1、25.1、27.3 及 28.4 支，臺中秈 10 號為 20.0、22.5、26.0、27.8 及 28.7 公分，初步結果顯示除臺南 11 號之水稻氮肥用量，每公頃 150 及 210 公斤分蘖數以 23.4 支較高外，臺稉 9 號與臺中秈 10 號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘖數表現。

一期作試驗水稻氮肥用量每公頃 0、90、150、210 及 270 公斤五級處理之成熟期株高，臺南 11 號分別為 90.3-110.6 公分，臺稉 9 號分別為 101.1-121.7 公分，臺中秈 10 號分別為 111.4-122.2 公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，生育與成熟期調查結果均顯示，增加氮肥用量有增加水稻植株高度之表現。生育期水稻分孽數調查顯示，臺南 11 號為 20.3-23.4 支，臺稉 9 號為 18.9-28.4 支，臺中秈 10 號為 20.0-28.7 公分，結果顯示除臺南 11 號之水稻氮肥用量，每公頃 150 及 210 公斤分蘖數以 23.4 支較高外，臺稉 9 號與臺中秈 10 號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘖數表現。

二期作試驗水稻氮肥用量每公頃 0、90、150、210 及 270 公斤五級處理之生育期株 高，臺南 11 號分別為 51.8-66.7 公分，臺稉 9 號分別為 50.6-65.1 公分，臺中秈 10 號分 別為 59.2-72.2 公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株 高度。生育期水稻分孽數調查顯示，臺南 11 號為 13.7-23.0 支，臺稉 9 號為 12.6-21.4 支，臺中秈 10 號為 17.8-27.7 公分，結果顯示除臺南 11 號之水稻氮肥用量，每公頃 90

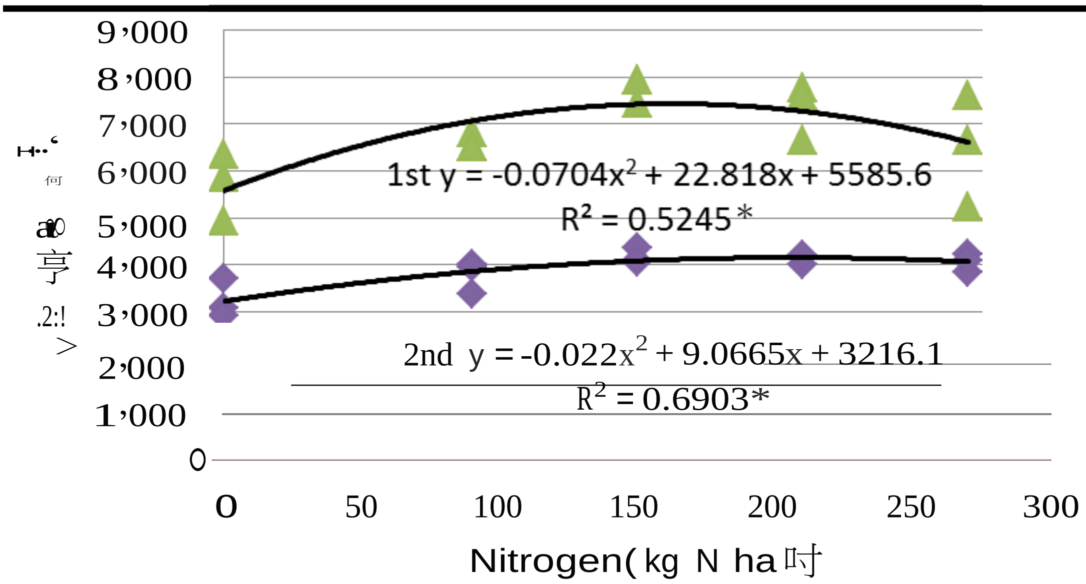
及 270 公斤分蘖數以 23.0 支較高外，臺稉 9 號與臺中秈 10 號均增加氮肥用量明顯增加 水稻之分蘖數表現。

氮肥用量與 3 品種水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果如圖 111，顯示除了臺中秈 10 號之第 2 期作氮肥用量與水稻稻穀產量間差異不顯著外。臺南 11 號、臺稉 9 號 1 及 2 期作與臺中秈 10 號第 1 期作均呈顯著相關。



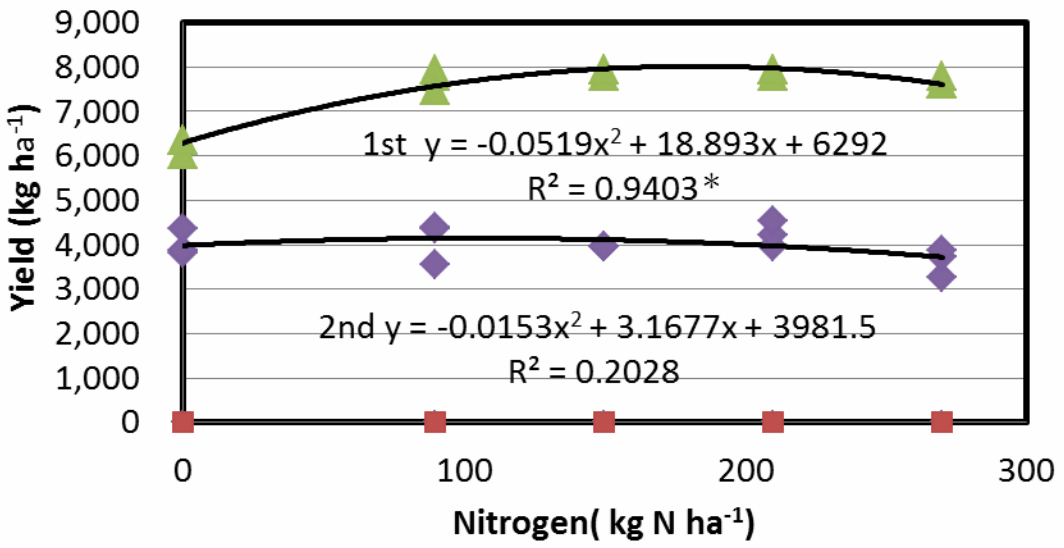
氮肥用量對水稻臺南 11號一與二期作產量之相關

Fig. 1. Mutiple correlation between nitrogen fertilizer amount and rice yield of tainan 11in pt. and 2nd.



氮肥用量對水稻臺梗 9 號一與二期作產量之相關

Fig. 2. Mutiple correlation between nitrogen fertilizer amount and rice yield of taikeng 9 in pt. and 2nd.



氮肥用量對水稻臺中秈10號一與二期作產量之相關

Fig.3.Mutiple correlation between nitrogen fertilizer amount and rice yield of taichung sen 10 in 1st. and 2nd.

103 年和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土口厝(Ko)系土壤試驗結果顯示，氮肥用量對三品種水稻產量影響，一期作試驗(表 3)臺南 11 號每公頃稻穀產量在 5,714-7,116 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀每公頃 7,116 公斤。臺稉 9 號每公頃稻穀產量在 5,238-6,534 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 6,534 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量在 6,243-7,142 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 90 公斤區稻穀每公頃 7,142 公斤。103 年第一期作和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土試驗結果顯示，水稻不同品種氮肥施用量對稻穀增產反應有所差異，臺南 11 號每公頃施氮素 150 與 210 公斤區之稻穀每公頃分別為 7,010 與 7,116 公斤差異不顯著，且與每公頃施氮素 270 公斤高氮區及每公頃施氮素 90 公斤低氮與無氮區之稻穀有顯著差異，臺稉 9 號每公頃

表 2、氮肥用量對水稻三品種之農藝性狀和產量影響(口厝(Ko)系土壤)

	第一期作					第二期作				
N kg ha-1	株高(cm)	分蘗數	株高 (cm)	穗數	稻穀 產量 (kgha-1)	株高 (cm)	分蘗數	株高(cm)	穗數	稻穀 產量 (kgha-1)
					臺南 11 號 Tainan 11					
0	64.7a*	25.1	89.6	23.0	5,714d	55.5d	20.5c	98.2	18.2	5,265b
90	71.3	31.3	95.6	26.7	6,667bc	59.8c	22.4bc	104.0	18.8	5,794ab
150	73.7	32.1	101.2	27.9	7,010ab	62.7bc	24.8ab	109.6	21.4	6,296a
210	75.1	34.1	103.8	29.9	7,116a	65.2ab	26.8a	113.0	23.4	6,376a
270	77.3	34.4	106.4	29.9	6,614c	67.7a	28.4a	115.8	25.4	5,952a

臺稉 **9** 號 **Taiken 9**										
0	68.2	21.2	89.9	19.9	5,238b	63.2c	19.9c	100.2	17.4	5,370b
90	72.2	26.2	105.5	24.1	6,322a	66.4c	21.8b	107.4	17.8	5,635ab
150	74.1	26.9	109.1	24.5	6,534a	70.9b	22.2b	110.7	19.3	6,270a
210	76.7	26.6	114.4	25.3	6,455a	74.9ab	24.6a	115.5	19.1	5,847ab
270	79.1	31.9	118.4	27.5	5,582ab	77.2a	25.9a	117.3	20.6	6,323a
臺中秈 **10** 號 **Taichung Sen**										
0	61.0c	23.1	108.1	17.2	6,296b	61.7c	24.9c	99.5	16.4	5,132ab
90	77.5	26.9	115.1	19.8	7,142a	67.3c	26.2bc	104.8	19.9	5,370a
150	80.7	28.6	120.1	19.7	7,037a	71.0c	29.6a	112.0	20.2	5,661a
210	85.4	28.3	122.1	20.9	7,116a	76.2b	29.1ab	114.1	18.5	4,550bc
270	85.2	27.8	123.0	20.9	6,667ab	82.0a	31.2a	114.9	18.5	4,180c

* 英文字母相同表示 5%差異不顯著。

施氮素 90-270 公斤區之稻穀每公頃分別為 6,322-6,534 公斤處理間差異不顯著，臺中秈 10 號每公頃施氮素 0-270 公斤各處理間之稻穀產量沒有顯著差異，一期作試驗結果顯示水稻每公頃施氮素 270 公斤之高氮區均有減產稻穀反應。第二期作試驗臺南 11 號每公頃稻穀產量在 5,265-6,376 公斤間，每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀產量最高為每公頃 6,376 公斤，與無氮區產量有顯著差異。臺稉 9 號每公頃稻穀產量在 5,370-6,323 公斤間，每公頃施用氮素 270 公斤區之稻穀產量最高為每公頃 6,323 公斤，與每公頃施用氮素 90 公斤區產量有顯著差異。。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量在 4,180-5,661 公斤間，每公頃施用氮素 150 公斤區之公頃稻穀產量最高為 5,661 公斤，與每公頃施用氮素 210 與 270 公斤區產量有顯著差異。103 年第 2 期作和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土試驗結果顯示，水稻臺南 11 號每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳，臺稉 9 號水稻每公頃氮素施用量以 270 公斤增產效果較佳，臺中秈 10 號水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳。

鹿港 Lu 系土壤 102 年一期作氮肥用量對三品種水稻養分吸收與氮素回收率影響，氮肥施用量對三品種水稻氮、磷與鉀吸收量影響顯示於表 4，一期作水稻氮素用量每公頃分別施氮素 0、90、150、210 及 270 公斤時，分別計算每公頃臺南 11 號可吸收氮素 97.62、137.68、168.38、198.21 與 191.04 公斤，磷 22.91-37.66 公斤，鉀 143.21-284.97 公斤，臺稉 9 號每公頃可吸收氮素 94.53-185.53 公斤，磷 22.13-36.64 公斤，鉀 151.69-275.35 公斤，臺中秈 10 號每公頃可吸收氮素 101.65-189.93 公斤，磷 30.16-49.27 公斤，鉀 181.27-301.40 公斤。氮素吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收 198.21 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之氮素吸收量 97.62 與 137.68 公斤有顯著差異，臺稉 9 號氮素吸收量以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 185.53 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之氮素吸收量 94.53 與 123.24 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號氮素吸收量以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 189.93 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之

氮素吸收量 101.65 與 150.63 公斤有顯著差異。磷吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收磷 37.66 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之磷吸收量 22.91 與 28.75 公斤有顯著差異，臺稉 9 號磷吸收量以每公頃施氮素 150 公斤區每公頃吸收磷 36.64 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之磷吸收量 22.13 與 27.07 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號磷吸收量以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收 49.27 公斤最高與無施氮素區之磷吸收量 30.16 公斤有顯著差異。鉀吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收 284.97 公斤最高與每公頃施氮素 0、90 與 270 公斤區之鉀吸收量 143.21、219.38 與 222.92 公斤有顯著差異，臺稉 9 號鉀吸收量以每公頃施氮素 150 公斤區每公頃吸收鉀 275.35 公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量 151.69 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號鉀吸收量以每公頃施氮素 150 公斤區每公頃吸收鉀 301.40 公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量 181.27 公斤有顯著差異。氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率(apparent N use efficiency)(ANUF)影響顯示於表 4，臺南 11 號氮肥氮利用效率 34.60-47.90%每公頃施氮 210 公斤氮肥氮利用效率 47.90%最高，氮利用效率臺稉 9 號 31.93-53.19%每公頃施氮 150 公斤氮肥氮利用效率 53.19%最高，氮利用效率臺中秈 10 號 32.7-54.43% ，每公頃施氮 90 公斤氮肥氮利用效率 54.43% 最高。氮肥施用量對三品種水稻農藝效率(agronomic efficiency)(Ag)(kg kg-1)影響顯示於表七，農藝效率臺南 11 號 6.07-15.29 kg kg-1 每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg-1 最高，臺稉 9 號農藝效率 2.93-13.76 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg-1 最高，臺中秈 10 號農藝效率 5.29-16.46 kg kg-1 每公頃施氮 90 公斤農藝效率 16.46 kg kg-1 最高，

表 **3**、鹿港 **Lu** 系土壤一期作水稻氮肥用量之氮磷鉀吸收量、氮利用效率、農藝效率及生理效率

N ($kg\ ha^{-1}$)	氮吸收量 ($kg\ ha^{-1}$)	磷吸收量 ($kg\ ha^{-1}$)	鉀吸收量 ($kg\ ha^{-1}$)	氮利用效率 (%)	農藝效率 (Ag) $kg\ kg^{-1}$	生理效率 (P_E) $kg\ kg^{-1}$
			臺南 11 號 Tainan 11			
0	97.62^{c*}	22.91^{c}	143.21^{c}	-	-	-
90	137.68^{b}	28.75^{b}	219.38^{b}	44.51	15.29	10.01
150	168.38^{ab}	34.47^{a}	248.37^{ab}	47.17	14.81	30.54
210	198.21^{a}	37.66^{a}	284.97^{a}	47.90	10.08	20.80
270	191.04^{a}	34.40^{a}	222.92^{b}	34.60	6.07	19.56
			臺稉 9 號 Taiken 9			
0	94.53^{c}	22.13^{b}	151.69^{b}	-	-	-
90	123.24^{b}	27.07^{b}	215.62^{ab}	31.93	9.99	7.21
150	174.28^{a}	36.64^{a}	275.35^{a}	53.19	13.76	25.46
210	181.10^{a}	32.60^{a}	254.19^{a}	41.24	7.81	20.21

270	185.53[a]	35.28[a]	256.21[a]	33.71	2.93	6.31
		臺中秈 **10** 號 **Taichung Sen 10**				
0	101.65[c]	30.16[b]	181.27[b]	-	-	-
90	150.63[b]	45.84[a]	251.13[a]	54.43	16.46	9.9
150	173.78[ab]	46.70[a]	301.40[a]	48.08	10.93	23.66
210	187.78[a]	49.27[a]	267.29[a]	41.01	7.81	20.12
270	189.93[a]	47.89[a]	273.24[a]	32.70	5.29	16.70

* 表內同行英文字母相同表示 5%差異不顯著。

氮肥施用量對三品種水稻生理效率(physiological efficiency)(PE) (kg kg-1)影響顯示於表 4，臺南 11 號 10.01-30.54 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤生理效率 30.54 最高，臺稉 9 號 6.31-25.46 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤生理效率 25.46 kg kg-1 最高，臺中秈 10 號 9.9-23.66 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤生理效率 23.66 kg kg-1 最高。

鹿港 Lu 系土壤二期作氮肥用量對三品種水稻養分吸收與氮肥利用率 氮肥施用量

對三品種水稻氮、磷與鉀吸收量影響顯示於表 5，二期作水稻氮素用量每公頃分別施氮素 0、90、150、210 及 270 公斤時，分別計算每公頃臺南 11 號可吸收氮素 77.38、94.58、106.49、129.34 與 140.67 公斤，磷 18.44-26.27 公斤，鉀 136.91-200.34 公斤，臺稉 9 號每公頃可吸收氮素 74.71-134.88 公斤，磷 17.43-23.06 公斤，鉀 133.54-196.36 公斤，臺中秈 10 號每公頃可吸收氮素 101.42-160.91 公斤，磷 25.59-33.99 公斤，鉀 151.24-304.93 公斤。氮素吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 140.67 公斤最高與每公頃施氮素 0、90 與 150 公斤區之氮素吸收量 77.38、94.58 與 106.49 公斤有顯著差異，臺稉 9 號氮素吸收量以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 134.88 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之氮素吸收量 74.71 與 88.72 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號氮素吸收量以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 160.91 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之氮素吸收量 101.42 與 117.82 公斤有顯著差異。磷吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收磷 26.27 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之磷吸收量 18.441 與 19.55 公斤有顯著差異，臺稉 9 號磷吸收量以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收磷 25.73 公斤最高與每公頃施氮素 0、90、150 與 270 公斤區之磷吸收量 17.43、18.74、22.15 與 23.06 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號磷吸收量以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收 33.99 公斤最高與無施氮素區之磷吸收量 25.59 公斤有顯著差異。鉀吸收量臺南 11 號以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收 200.34 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之鉀吸收量 136.91 與 139.86 公斤有顯著差異，臺稉 9 號鉀吸收量以每公頃施氮素 270 公斤區每公頃吸收鉀 196.36 公斤最高與每公頃施氮素 0 與 90 公斤區之鉀吸收量 13.54 與 145.01 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號鉀吸收量以每公頃施氮素 210 公斤區每公頃吸收鉀 304.93 公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量 151.24 公斤有顯著差異。第二期作氮肥施用量

對三品種水稻氮利用效率(apparent N use efficiency)(ANUF)影響顯示於表 5，臺南 11 號氮利用效率 19.11-24.74%每公頃施氮 210 公斤氮肥氮利用效率 24.74%最高，氮利用效率臺稉 9 號-15.56-22.99%每公頃施氮 210 公斤氮利用效率 22.99%最高，氮利用效率臺中秈 10 號 18.22-28.33% ，每公頃施氮 210 公斤氮肥氮利用效率 28.33%最高。氮肥施用量對三品種水稻農藝效率(agronomic efficiency)(Ag)(kg kg-1)影響顯示於表 5，農藝效率臺南 11 號 3.12-4.91 kg kg-1 每公頃施氮 210 公斤農藝效率 4.91 Kg/Kg 最高，臺稉 9 號農藝效率 3.01-6.21 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤農藝效率 6.21 kg kg-1 最高，臺中秈 10 號農藝效率-1.49-1.28 kg kg-1 每公頃施氮 210 公斤農藝效率 1.28 kg kg-1 最高，氮肥施用量對三品種水稻生理效率(physiological efficiency)(PE) (kg kg-1)影響顯示於表 5，臺南 11 號 14.9-23.16 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤生理效率 23.16 kg kg-1 最高，臺稉 9 號 13.49-79.57 kg kg-1 每公頃施氮 90 公斤生理效率 79.57 kg kg-1 最高，臺中秈 10 號-7.37-27.08 kg kg-1 每公頃施氮 150 公斤生理效率 27.08 kg kg-1 最高。

表 **4**、鹿港 **Lu** 系土壤二期作水稻氮肥用量之氮磷鉀吸收量、氮利用效率、農藝效率及生理效率

N (kg ha^{-1})	氮吸收量 (kg ha^{-1})	磷吸收量 (kg ha^{-1})	鉀吸收量 (kg ha^{-1})	氮利用效率(%)	農藝效率(Ag) kg kg^{-1}	生理效率（P_E） kg kg^{-1}
			臺南 11 號 Tainan 11			
0	77.38^{d*}	18.44^{b}	136.91^{b}	—	-	-
90	94.58^{cd}	19.55^{b}	139.86^{b}	19.11	3.53	20.57
150	106.49^{bc}	23.57^{a}	173.04^{ab}	19.40	4.41	23.16
210	129.34^{ab}	24.80^{a}	197.58^{a}	24.74	4.91	20.06
270	140.67^{a}	26.27^{a}	200.34^{a}	23.44	3.12	14.90
			臺稉 9 號 Taiken 9			
0	74.71^{c}	17.43^{c}	133.54^{b}	-	-	-
90	88.72^{bc}	18.74^{c}	145.01^{b}	15.56	5.88	79.57
150	109.00^{ab}	22.15^{b}	173.14^{a}	22.86	6.21	27.08
210	122.99^{a}	25.73^{a}	187.84^{a}	22.99	4.28	19.08
270	134.88^{a}	23.06^{b}	196.36^{a}	22.28	3.01	13.49
			臺中秈 10 號 Taichung Sen 10			
0	101.42^{c}	25.59^{b}	151.24^{b}	-	-	-
90	117.82^{bc}	29.37^{ab}	215.60^{ab}	18.22	0.94	-0.94
150	136.44^{ab}	30.58^{a}	271.48^{a}	23.35	-0.32	27.08
210	160.91^{a}	33.99^{a}	304.93^{a}	28.33	1.28	4.69
270	156.47^{a}	32.00^{a}	293.32^{ab}	20.39	-1.49	-7.37

* 表內同行英文字母相同表示 5%差異不顯著。

結　　語

回顧臺中區水稻肥培管理從增進氮素肥料效率研究，證實深層施肥可提高氮素肥效，並設計插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果測試，節省氮肥 16.8～18.3%外，又可增產稻穀 1.6～11%。每公頃掩埋 40 公噸之新鮮滿江紅當綠肥時，其稻谷產量平均較對照區增 19%，肥效相當於 80 公斤之氮素化學肥料分四次施用，但僅施用滿江紅並不能使水稻獲得最高產量，配合 80 公斤之氮素化肥可達高產。掩埋滿江紅可節省化學氮肥 60～70 kg/ha。酸性稻田連用矽酸爐渣增產幅度最高達 6.8～9.7%。土壤肥力能限分類單位稻田之氮磷鉀肥效應試驗結果，土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮 量較正常土壤為大，稻谷產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻谷產量 反而較低，排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。雨量少，日照充足，施用高於平常推薦量之氮肥，明顯促進稻作增產，低氮則明顯減產，無氮區生育及產量最差，10 處平均祇達高氮區之 76.6%。氮肥深施，在中細質地 土壤對稻谷增產效果大，粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮 肥深施則顯減產。稻田施矽效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6 me/100 g 之低量鉀鐵土壤)較需要高量磷鉀肥(一期作 P_2O_5 80、K_2O6 0 kg/ha，二期作 P_2O_5 80、K_2O 80 kg/ha)，Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)與 LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)多施磷鉀肥對稻谷增產頗有效果。1992 年調查台中地區氮素施用量已高達 220 kg、磷酐 60 kg、氧化鉀 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。102 年 1、2 期作在石灰性粘板岩沖積土鹿港系，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力之效應。1 期作試驗臺南 11 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,936 公斤。臺稉 9 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,779 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 150 與 210 公斤區均為稻穀每公頃 7,884 公斤。第 2 期作臺南 11 號產量最高處理為每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀每公頃 4,561 公斤。臺稉 9 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 4,169 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 90 公斤之稻穀每公頃 4,100 公斤。第 2 期作試驗結果顯示，水稻臺南 11 號每公頃每公頃氮素施用量以 210 公斤增產效果較佳，臺稉 9 號水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳，臺中秈 10 號水稻每公頃氮素施用量以 90 公斤增產效果較佳。

鹿港 Lu 系土壤一期作氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率影響，臺南 11 號氮肥氮利用效率以每公頃施氮 210 公斤氮素之氮利用效率 47.90%最高，氮利用效率臺稉 9 號以每公頃施氮素 150 公斤之氮利用效率 53.19%最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮素 90 公斤之氮利用效率 54.43 最高。一期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg^{-1} 最高，臺稉 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg^{-1} 最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮

90 公斤農藝效率 16.46 kg kg^{-1} 最高，一期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號、臺稉 9 號與臺中秈 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 30.54、25.46 與 23.66 kg kg^{-1} 最高。二期作氮肥施用量對臺南 11 號、臺稉 9 號與臺中秈 10 號三品種水稻氮利用效率影響，均以每公頃施氮素 210 公斤之氮利用效率分別為 24.74、22.99 與 28.33%最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 4.91 kg kg^{-1} 最高，臺稉 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 6.21 kg kg^{-1} 最高，臺中秈 10 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 1.28 kg kg^{-1} 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號與臺中秈 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 23.16 與 27.08 kg kg^{-1} 最高，而臺稉 9 號則以每公頃施氮 90 公斤之生理效率 79.57 kg kg^{-1} 最高。

參考文獻

1. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3:20-23。
2. 林月金、戴登燦 1992 台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究Ⅱ. 水稻期作、類型及地域間施肥量的統計檢定 臺中區農業改良場研究彙報 36:1-6。
3. 梁榮良 1982 插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果試驗臺中區農業改良場研究彙報 6:112-120。
4. 黃祥慶、王錦堂、黃山內 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之氮肥效應 臺中區農業改良場研究彙報 8:41-58。
5. 黃祥慶、王錦堂 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之磷鉀肥效應試驗 臺中區農業改良場研究彙報 9:29-40。
6. 黃山內、謝慶芳、黃祥慶 1976 稻作施肥改善推廣臺灣農業季刊 12: 38-52。
7. 黃山內 蔡宗仁 蘇匡基 1982 栽種滿江紅對節省水稻氮肥之經濟性研究臺中區農業改良場研究彙報 .6:103-111。
8. 彰化縣土壤調查報告 1969 國立中興大學農學院土壤學系 臺中 臺灣。
9. 戴登燦、林月金 1992 台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究Ⅰ. 水稻施肥量與施肥次數 臺中區農業改良場研究彙報 35:33-40。
10. 賴明信、陳正昌、郭益全、呂秀英、陳治官、李長沛、曾東海 1996 現行水稻推廣品種生產力與氮肥用量之關係 1.氮肥用量對水稻產量及產量構成要素之影響 中華農業研究 45(3):203-217。
11. DobermannA., K. G. Cassman, P C. Sta. Cruz, M.A.A. Adviento & M.F. Pampolino 1996 Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power inintensive, irrigated rice systems. III. Phosphorus. Nutrient Cycling in Agroecosysrems 46: 111-125.

台灣地區水稻氮肥效應之比較與肥料推薦系統建立

Comparison of the effect of nitrogen fertilizer on rice and establishment of fertilizer recommendation system in Taiwan

江志峰[1*]

行政院農業委員會農業試驗所

*E-mail: cfchiang@tari.gov.tw

摘　要

肥料的合理運籌要圍繞全面提高群體質量指標，取得高產這個目標進行，並提高肥料的利用率和經濟效益，水稻合理施肥必然涉及其需肥量，高產水稻各生育時期的吸收百分率，水稻吸肥的營養元素來源，肥料本身的釋肥特性，不同土壤、生態條件下不同類型品種高產施肥的運籌模式和方法等問題，前人在這方面已進行了廣泛的研究，取得極為豐富的研究成果，為制定施肥策略提供了理論依據，並出版「施肥推薦手冊」，對增產起了極顯著的作用。然而，自 1980 年以後，我國水稻生產條件和以往相較，發生了很大的變化，對於水稻施肥技術需要進一步的研究，以求得發展與提高。本篇報告主要介紹水稻的一般施肥技術，主要著重於不同地區氮肥效應的比較，其目的乃根據目前各地區水稻的生產環境，制定合理的水稻氮肥施用量，並據以增修訂水稻「施肥推薦手冊」為最終目的，提供稻農應用。

關鍵詞　水稻(*Oryza sativa* L.)、氮素

前　言

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界最重要的糧食作物之一，它維持世界 1/2 人口生活的主食，提供約 1/5 世界人口的主要熱量來源，尤其是亞洲更為重要，在我國亦為栽培面積最大的單一作物。亞洲種的水稻(*Oryza sativa* L.)被相信認為有 5000 年的栽培歷史，歷經人類在多樣的水-土-氣候環境下之選拔或馴化，加上人類的散播，各種生態遺傳歧異極為豐富，適應性極廣，從北緯 53°到南緯 40°；從水平面到海拔 3000 公尺；從深水到旱地皆可種植(Chang, 1976)。

台灣地處亞熱帶，地形狹長，中央山脈橫貫南北，氣候在季節風(monsoon)籠罩之下及南北長距離之緯度差異，產生不同氣候型態，整體上，雨水豐沛，高溫多溼，極適合稻的生長。稻穀產量與土壤及氣候等環境因子關係密切。我國過去已有土壤詳測資料，且氣象資料亦屬完善且氣象資料亦屬完善，可有完整資料推算各地區之作物產量。然而本省氣候特殊而且區域差異明顯，而土壤亦甚複雜，歷年少作環境與作物產量關係之試驗或調查探討，恐缺適合個別環境之所需產量資料，則所推算之相對產量，難普遍與實際產量相符。為提高產量資料之實用性，乃於不同地區及土壤，進行分不同水稻品種與氮肥等級的田間試驗，並作試驗區水稻產量調查與產量構成因子資料的收集，並探討環境、氣候、灌水及土壤各種性質與水稻產量之關係，所得結果用以推定地區、氣候各種土壤性質，對水稻產量之影響實況，轉而研定各種氣候、環境及土壤性質對水稻產量影響之輕重等級。

水稻栽培資源利用的重要性

世界上大約 79,000,000 公頃灌溉條件下種植水稻。雖然這是只有一半的水稻總面積的，它佔大約 75％的世界稻米年產量的。在亞洲，近 60％的 1.38 億公頃每年專門用於水稻生產的灌溉，這種水稻常常生長在單期作與兩到三個作物的栽培主要取決於水的有效性供應。其他稻田生態系統中，包括雨養低地（水稻總面積的 35％），其特徵是缺乏水分的控制，洪水和乾旱是潛在的問題，以及高地和深海生態系統（水稻總面積的 5％），其中收益率低，變化極大。

對水稻的需求預期將會再增長很多年，主要是因為人口增長，特別是在亞洲，預計人口到 2025 年將增加 35％（聯合國，1999 年）。在水稻總產的增加可能來自增加種植面積，提高單產和種植密度的提高。然而，水稻種植區範圍的擴大，將受限於農地的都市化，土地轉換工業的利用。因此，在未來的稻米供應的增加必須從提高單產和種植的強度，特別是在灌溉稻田生態系統。

大部份在亞洲的農民，目前增加的水稻產量，平均達到祇有 60％左右的收益率有可能達到符合現有的品種和氣候條件。主要的限因是農民為實現每單位耕地種植水稻更高的產量和較高相關盈利能力，以環境上可持續利用的栽培方式常往往是無效的使用投入（尤其是營養物質，種子，農藥）。如果滿足對糧食的需求，

對水稻生產需要，使用日益缺少的自然資源變得更有效率。更好的作物，營養，蟲害和水管理措施，以及利用種質資源具有較高的增產潛力，需要讓水稻生產是有利可圖的生產者和供應充足價格實惠給主食消費者。

水稻栽培利用區 生長期間能良好的保持灌溉水為一段時期為水稻生產對土壤的基本需求。圖 3

為台灣地區 101 年兩期作水稻利用區圖，兩期作均分佈水源區。

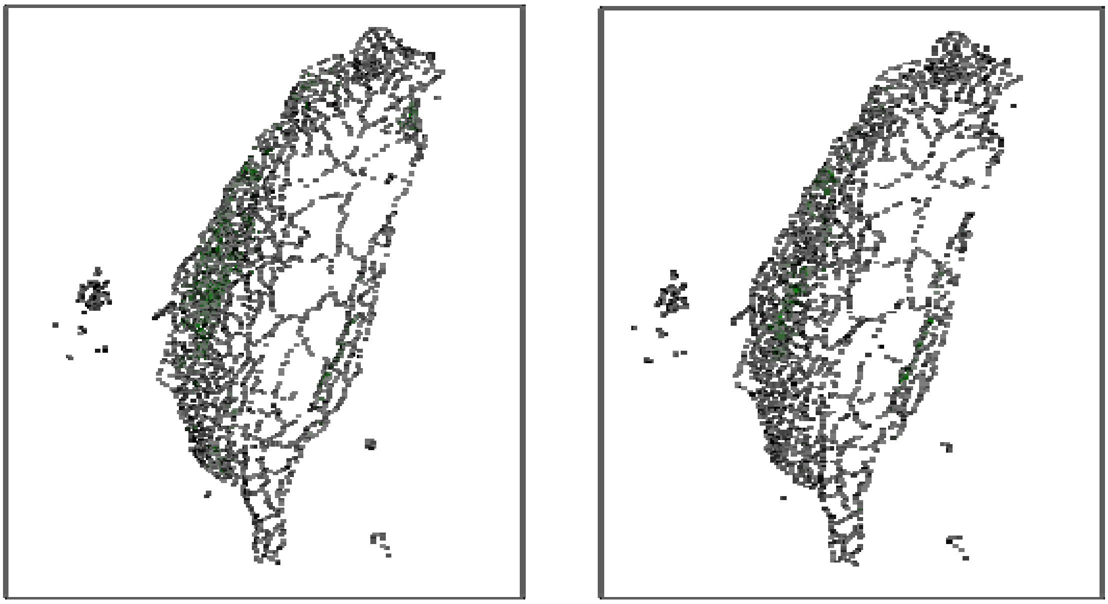


圖 1.101 年水稻兩期作水稻利用覆蓋圖(左:一期作 右:二期作)
(請參閱土壤訊應用資料庫之圖檔)

國內主要栽培品種介紹 日據時代以前台灣主要以秈稻栽培為主，經過日據時代後，引進的稉稻種植與

改良，逐漸為大眾所接受成為現今以稉稻為主的飲食習慣與栽培品種，秈稻品種則為因應糧食策略僅在少數地區推廣種植。經育種人員的努力，台灣水稻品種種類眾多，但品種與養分供應間的差異性尚無法做明確的關聯，僅列舉民國 103 年優良水稻推廣品種，以為日後說明地區性品種養分的需求與肥料推薦參考。 一般食用稉稻品種：台稉 2 號、台稉 8 號、台稉 9 號、台稉 14 號、台稉 16 號、桃園 3 號、台農 71 號、台農 77 號、台中 192 號、台南 11 號、高雄 139 號、高雄 145 號、花蓮 21 號、台東 33 號、台農 84 號。 一

般食用秈稻品種：台中秈 10 號、台農秈 22 號。

加工用秈稻品種：台中秈 17 號、台中在來 1 號。

糯稻品種：台農糯 73 號、台中秈糯 2 號、台中秈糯 1 號、台中糯 196 號。

研究目的

研發提高地區性土壤別之田塊自然供氮力，具發展潛力稻米之單位面積乾物質產量的關鍵性管理技術。

1.土壤供氮力的開發：其中包括供應容量和供應強度。田間條件下，土壤供氮量是以無氮區在採樣時土壤已提供給作物的可利用態氮量作為量度的，其中包括已被作物吸收的氮量和土壤中尚未被作物吸收的速效態氮量。在作物成熟時，由於土壤中速效氮量很低，可以直接用作物吸氮量計作土壤供氮量。但實際上，其中包括了土壤來源氮和非土壤來源氮兩個部分，因此，嚴格說來，由此計得的土壤供氮量應是田塊自然供氮量(Indigenous N)，而不是土壤供氮量(Soil supply N)。基礎產量高的田塊，施肥所能達到的產量水平也較高。

2.田塊自然供氮量的解析和預測：在用水稻進行的研究中，無論是培養法的礦化氮量，或是各種氮素有效性的化學萃取指標，均與盆栽試驗中的無氮區作物吸氮量之間有很高的相關性；但是，在許多水稻田間試驗中，這種相關性均很低，確定係數約為 0.3 或更低，只能達到半定量水平。原因可能是：(1)在田間條件下，影響土壤氮素礦化的因素多、變化大(例如，年度間和田塊間的水熱條件和耕作管理措施的變化等)；(2)僅以耕層土壤的測試作為預測依據，忽視了下層土壤來源氮和非土壤來源氮的變異。

材料與方法

試驗田區的設置

101 年水稻品種田間試驗，16 個田間試驗由北至南地區及土壤管理組類別，包括宜蘭三星(淺層排水不完全非石灰性沖積土)、桃園新屋（細質地排水良好紅壤)、桃園楊梅（細質地排水不良紅壤)、苗栗公館(淺層排水不完全非石灰性沖積土)、台中清水(淺層排水不完全非石灰性沖積土) 、南投南投(低台地細質地排水不完全沖積土、彰化溪州(低地石灰性粗質地排水良好沖積土)、雲林莿桐(低地石灰性淺層排水不完全沖積土)、雲林土庫(低地石灰性中質地排水不完全沖積土)、嘉義民雄(低台地中質地排水良好沖積土)、嘉義太保(低台地中質地排水良好沖積土)、嘉義朴子(低台地中質地排水良好沖積土)、台南東山(低台地細質地排水良好沖積土)、屏東屏東(中質地排水不完全非石灰性沖積土)、屏東恆春(低地石灰性細質地排水不完全沖積土)及本所霧峰試驗地（低台地淺層排水良好沖積土），各區試驗前的土壤肥力資料如表 1，每鄉鎮每一管理組土壤設 1 地點，每一地點面積須約 2 分地(約 2000 m^2)。

供試材料

氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg/ha 等 5 級，每公頃 0 公斤施肥量為瞭解試驗田區的自然供氮量；90 公斤施肥量為維持穩定基本產量所需，150 公斤施肥

量為 6,000 公斤~8,000 公斤稻穀推薦施肥量，210 公斤為農民爭取高產 12,000 公斤的施肥量，270 公斤為求取水稻對高氮量之反應與求取最大生質量的氮肥量。施氮處理分別於水稻移植前、分蘗始期(一期作移植後 15 天和二期作移植後 10 天)、最高分蘗期(一期作移植後 30 天和二期作移植後 20 天)、幼穗分化期(一期作移植後 56-70 天和二期作移植後 45-53 天)施用，每公頃重分別為總氮量之 25、20、15、40%施用，磷鉀肥相同量。試驗的水稻品種依當地栽培面積較廣，且較適合的水稻品種選擇高雄 139 號、高雄 145 號、台南 11 號、台稉 8 號、台稉 9 號、台中秈 10 號、台中秈 17 號、台稉 14 號、台稉 16 號、台農 84 號、台農 71 號、台秈 2 號、台農秈 19 號、台農秈 22 號等稉稻 9 個，秈稻 5 個等 14 個品種栽種，每一鄉鎮市試區種植 5 個品種，以 3 個稉稻和 2 個秈稻為主，各品種均以行株距(30*21cm)插秧至本田，共進行 32 期次田間試驗。同時進一步探討對氮肥施用對稻穀產量的效應，並進行成熟期水稻土壤與地上部植體氮含量分析，探討不同土壤管理組的供應力。

1.調查項目：

(1) 水稻成熟期植株地上部各部位含氮量及各種氮素利用率指標參數。

(2) 氣象資料(包括溫度、濕度、日照強度、最大風力等級)的收集。試驗期間兩期作氣象資料如表 2。

2.氮素利用率指標參數 (Dobermann, A. et al.,1999) (1)配因效率或偏生產力(Partial factor productivity of applied nutrient, PFP)

PFP=Y/F or PFP=(Y0/F) + AE

(2)農藝效率(Agronomic efficiency of applied nutrient)

AE=(Y–Y0)/F or AE=RE x PE

(3)內部利用效率(Internal utilization efficiency of a nutrient)

IE = Y/ U

(4)生理利用效率(Physiological Efficiency of applied N)

PE = (Y-Y0)/(U-U0)

F 養分(肥料)施用量 (kg/ha)

Y 養分施用作物的產量(kg/ha)

Y0 無氮區作物的產量(kg/ha)

U 試驗區施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

U0 試驗區不施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

統計分析方法

試驗結果利用 STATISTICA 9.0 統計分析軟體(StatSoft Holdings Inc., 2009)進行辯方分析($P < 0.05$)，探討處理間平均值之間的差異。

表 1. 101 年水稻一期作栽種前各田區土壤肥力狀態

試區	土壤管理組	土壤層次	pH (1：1)	TOC	Mehlich III extractable P	Mehlich III extractable K	Available N NH_4-N	Available N NO_3-N
			H_2O	g kg^{-1}	mg kg^{-1}			
宜蘭	A5b	表土	5.35	25.2	37.1	31.3	6.10	10.15
三星		底土	5.11	26.7	35.0	30.0	6.66	15.00
桃園	R1a	表土	5.26	15.2	51.3	105.7	7.58	92.20
新屋		底土	5.30	12.2	34.1	131.8	7.01	41.96
桃園	R1c	表土	5.78	42.5	50.8	133.1	14.33	2.45
楊梅		底土	5.34	45.4	40.8	131.5	13.88	3.70
苗栗	A5b	表土	5.05	28.0	72.2	89.8	4.20	33.41
公館		底土	5.27	22.6	46.5	72.7	3.92	7.50
台中	A5a	表土	5.18	29.4	38.4	44.4	6.77	4.04
清水		底土	5.02	20.0	21.9	30.9	7.04	1.62
南投	T1b	表土	5.21	38.2	25.3	72.0	5.96	7.92
南投		底土	6.58	18.6	13.7	60.6	4.52	1.82
彰化	L4a	表土	6.95	26.6	56.2	40.6	4.11	8.36
溪洲		底土	6.89	20.9	57.3	35.1	3.94	3.74
雲林	L5b	表土	6.62	19.1	51.4	50.2	2.43	9.69
莿桐		底土	6.98	15.9	37.7	54.6	2.42	3.63
雲林	L2b	表土	6.04	10.3	225.2	35.5	4.35	5.31
土庫		底土	6.55	8.3	226.5	31.9	3.35	2.88
嘉義	T2a	表土	5.13	31.7	41.0	86.9	4.56	11.28
民雄		底土	6.30	17.1	32.3	53.7	4.20	33.41
嘉義	T2a	表土	6.82	32.8	174.8	172.8	4.21	9.57
太保		底土	7.76	11.8	30.1	79.5	1.51	3.06
嘉義	T2a	表土	7.55	20.8	113.6	221.5	4.91	19.22
朴子		底土	7.89	11.5	73.0	165.1	2.99	13.48
台南	T1a	表土	6.45	24.1	58.1	92.8	6.95	11.84
東山		底土	6.19	13.0	56.7	88.3	4.09	6.19
屏東	A2b	表土	6.97	23.9	154.5	82.1	5.22	13.21
屏東		底土	7.51	5.2	20.4	35.0	1.68	2.14
屏東	L1b	表土	7.77	36.0	83.5	204.2	9.22	4.73
恆春		底土	7.92	19.6	11.6	137.2	5.48	2.96
台中	T5a	表土	6.78	15.1	81.4	73.2	3.85	6.02
霧峰		底土	6.94	13.9	76.7	71.9	4.94	2.53

表 2-1、101 年一期作生長期間氣象資料

	試區*	生育日數（天）	T_{ave} (°C)	GDD (T_{ave}-10) (°C)	T_{max} (°C)	Tmin (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m²)
1	宜蘭三星	133	24.0	1879.8	28.2	20.9	1947.4	79.8	1916.1
2	桃園新屋	133	23.7	1836.5	27.4	20.8	1892.4	85.3	2164.3
3	桃園楊梅	133	23.8	1852.8	27.6	20.9	1909.4	85.2	2187.7
4	苗栗公館	123	24.9	1851.0	28.3	22.1	1884.3	73.0	--
5	台中清水	125	24.9	1872.1	28.0	22.3	1911.4	65.8	2191.2
6	南投南投	134	24.1	1908.3	28.9	20.7	1999.7	340.6	1992.9
7	彰化溪州	130	22.7	1666.7	27.7	19.2	1757.8	1142.0	--
8	雲林莿桐	146	22.1	1782.1	27.4	18.5	1906.8	796.6	1580.3
9	雲林土庫	159	22.5	1992.2	27.7	18.9	2128.7	974.0	1715.0
10	嘉義太保	128	24.1	1823.2	29.0	20.6	1909.5	--	1690.4
11	嘉義朴子	134	23.8	1866.3	28.7	20.4	1960.4	938.5	1738.1
12	台南東山	136	23.7	1877.1	28.6	20.2	1975.2	883.0	1770.3
13	屏東屏東	125	23.7	1726.0	29.5	19.6	1830.8	34.6	1272.3
14	屏東恆春	146	23.7	2007.6	27.0	21.1	2068.3	56.2	2475.0
15	台中霧峰	161	21.0	1787.0	26.0	17.5	1904.2	60.1	2189.3

表 2-2、101 年二期作生長期間氣象資料

	試區*	生育日數（天）	T_{ave} (°C)	GDD (T_{ave}-10) (°C)	T_{max} (°C)	Tmin (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m²)
1	桃園新屋	127	23.6	1732.7	27.6	20.8	1800.	25.8	1821.4
2	桃園楊梅	128	23.6	1738.2	27.5	20.7	1806.	27.3	1821.4
3	苗栗公館	116	24.9	1729.6	29.0	21.7	1781.	14.9	--
4	台中清水	105	25.9	1664.3	29.1	23.5	1708.	57.5	1803.3
5	南投南投	103	26.0	1650.1	31.5	22.3	1738.	290.0	1651.5
6	彰化溪州	102	28.3	1867.9	34.2	21.0	1796.	158.0	--
7	雲林莿桐	113	26.3	1847.1	32.0	22.5	1950.	1031.5	1323.5
8	雲林土庫	111	25.8	1758.3	31.5	22.0	1859.	735.0	1275.5
9	嘉義民雄	122	25.0	1826.4	--	--	--	420.5	559.6
10	嘉義太保	120	25.8	1900.8	31.4	22.1	2012.	536.4	1511.7
11	嘉義朴子	111	26.4	1817.5	31.9	22.7	1920.	468.0	1467.8
12	台南東山	120	26.2	1938.4	31.7	22.5	2048.	605.5	1551.8
13	台中霧峰	120	25.1	1812.2	30.4	21.4	1909.	140.8	1761.7

*:部分試區資料未列出

結果與討論

氣象因子對水稻產量構成因子與產量之影響 本省水稻栽植時期，按地理區域而

有差異，各區一期作初期育苗或插秧不久

後遇低溫，但不影響產量。直至收穫，氣溫影響產量之因子大抵可以忽略。二期作栽培期間，氣溫、水溫皆高，常遠超過35℃，故對於水稻根之發展、養分吸收、分蘖數、開花、稔實率等等影響甚大，對於產量自有嚴重之影響。在北部區域二期作之末期，則常有低溫出現，除了對養分吸收、轉運有影響外，光合作用產物之運送亦然。氣象因子對水稻產量構成因子與產量具重大影響，本文主要以101年兩期作栽培期間氣象條件顯然不同，土壤管理組也不同，桃園新屋試區土壤管 理組為細質地排水良好紅壤(R1a)、台南東山試區細質地排水良好低台地沖積土 (T1a)討論。其不同施氮等級對不同品種產量構成因子，如表3。

表 3-1、 新屋試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

SinWu Varieties	N application (kg/ha)	Plant height(cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield(kg/ha)
Tainan 11							
	0	73(1)	13(0)	59(1)	2.37(0.01)	98(1)	3059(158)
	90	81(1)	14(1)	43(1)	2.19(0.06)	96(1)	4220(219)
	150	86(2)	15(1)	39(0)	2.43(0.04)	97(0)	4770(243)
	210	90(4)	17(0)	34(2)	2.43(0.09)	93(0)	4917(144)
	270	91(3)	15(2)	39(4)	3.26(0.20)	96(2)	4835(137)
Taikeng 14							
	0	76(1)	11(0)	110(1)	2.32(0.02)	97(0)	2536(225)
	90	89(1)	13(0)	71(9)	2.08(0.02)	96(0)	3894(347)
	150	91(2)	14(1)	63(19)	2.34(0.11)	96(1)	4399(56)
	210	96(1)	14(1)	42(10)	2.41(0.01)	93(0)	4716(275)
	270	97(3)	16(3)	49(7)	3.16(0.27)	95(0)	5297(651)
Taikeng 9							
	0	74(2)	11(0)	106(4)	2.30(0.02)	97(1)	2638(45)
	90	79(1)	15(2)	84(15)	2.09(0.07)	93(1)	3728(604)
	150	87(3)	15(2)	62(10)	2.34(0.02)	95(3)	3801(342)
	210	89(6)	16(0)	47(1)	2.29(0.10)	93(1)	4408(917)
	270	94(3)	15(1)	50(17)	2.72(0.30)	94(3)	4625(867)
Taichung Sen 10							
	0	75(3)	14(0)	88(5)	2.32(0.08)	97(0)	3005(86)
	90	79(2)	17(2)	68(8)	2.21(0.11)	92(1)	3997(106)
	150	82(1)	17(2)	64(3)	2.39(0.06)	94(0)	4386(390)
	210	83(2)	18(3)	43(14)	2.41(0.10)	92(1)	4684(14)
	270	86(1)	16(3)	49(17)	3.20(0.08)	94(1)	4520(273)
Taichung Sen 17							
	0	69(10)	16(3)	65(27)	2.46(0.00)	95(2)	3983(807)
	90	75(7)	18(2)	70(15)	2.36(0.06)	93(2)	4655(766)
	150	80(11)	18(3)	67(17)	2.42(0.06)	94(0)	4944(723)
	210	79(8)	19(2)	44(2)	2.37(0.04)	92(1)	5288(97)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)

表 3-2、東山試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

DongShan Varieties	N application (kg/ha)	Plant height(cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	88(0)	15(1)	114(1)	2.51(0.06)	96(0)	6985(279)
	90	93(3)	17(0)	91(2)	2.20(0.06)	95(1)	7058(248)
	150	88(2)	16(0)	98(6)	2.58(0.01)	97(0)	7043(394)
	210	90(0)	18(1)	87(4)	2.51(0.03)	92(0)	8336(523)
	270	98(5)	20(1)	71(6)	3.25(0.07)	97(0)	8799(1967)
Taikeng 16							
	0	90(4)	16(0)	122(4)	2.65(0.10)	97(3)	4658(595)
	90	95(3)	17(2)	91(8)	2.43(0.06)	93(1)	7028(584)
	150	91(3)	16(3)	81(15)	2.82(0.06)	97(0)	6471(27)
	210	95(0)	17(0)	102(4)	2.54(0.07)	92(1)	7947(789)
	270	94(8)	19(1)	76(10)	3.27(0.07)	96(1)	8396(964)
Tainun 84							
	0	83(4)	17(3)	111(24)	2.64(0.02)	98(1)	5399(372)
	90	93(3)	16(2)	102(18)	2.41(0.09)	96(1)	6545(131)
	150	91(2)	18(1)	80(14)	2.78(0.10)	98(1)	6634(185)
	210	98(7)	18(2)	77(21)	2.50(0.04)	89(5)	7590(1609)
	270	100(2)	22(4)	71(14)	3.24(0.07)	95(0)	8275(230)
Taichung Sen 10							
	0	93(0)	18(1)	112(2)	2.57(0.09)	97(1)	5525(460)
	90	98(0)	15(1)	102(17)	2.53(0.15)	95(2)	7002(678)
	150	91(5)	16(1)	104(19)	2.72(0.07)	97(0)	6602(351)
	210	97(5)	19(2)	108(8)	2.55(0.06)	93(3)	7988(234)
	270	98(2)	14(2)	125(1)	3.26(0.06)	94(1)	6852(926)
Taichung Sen 17							
	0	81(3)	16(1)	113(34)	2.53(0.10)	97(2)	7090(324)
	90	87(2)	17(1)	130(33)	2.76(0.52)	93(1)	7620(435)
	150	83(0)	18(0)	90(14)	2.66(0.05)	96(1)	8852(221)
	210	86(2)	20(2)	73(34)	2.43(0.07)	93(2)	8651(1329)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)

不同水稻氣候區的新屋與東山試區相較，其兩試區的稻穀產量隨施氮量的增加而增加，直至施氮量 210 kg/ha 稻穀產量增加已緩和。相同品種比較時，南部東山試區水稻株高均高於新屋試區，大致隨施氮量的增加而增高，除東山試區台中秈 10 號外，一穗粒數隨施氮量的增加而遞減的趨勢。

由於各試區栽種的品種略有不同，可將不同水稻品種區分稉秈兩種稻型，進行相同試區不同期作間的比較，結果顯示，新屋試區稉稻產量隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢較秈稻高，但二期作時秈稻則高於稉稻，當施用至 210 kg N/ha 時稉稻稻穀產量已追至秈稻，東山試區兩稻型對於稻穀產量隨施氮量的增加變化的趨勢相同，唯一期作氮肥效應不明顯。說明秈稻對於環境適應的能力較稉稻敏感，尤其是溫度，當生長期間平均氣溫高於 24℃時，秈稻對高溫適應的能力將喪失，日本調查出穗前 10 天至成熟期最適氣溫為 21.5℃，本省人工氣候室試驗，日

溫 25℃夜溫 20℃最有利於氮之吸收及轉運至穀實，利於生殖生長，亦有 21℃為成熟期最佳氣溫之試驗結果。秈稻對地區性的土壤肥力適應力也較稉稻敏感，如在紅壤管理組的新屋試區，二期作生長期間平均溫度雖低於 24℃(23.6℃)，其平均稻穀產量也較稉稻為高。至於不同稻型稻穀產量與土壤肥力的關係，則需更多的資料為佐證。

氮肥量對水稻生長之影響 水稻單位產量的需氮量隨產量的提高而增加。將供試的不同水稻品種區分為

稉秈稻型，對於稻穀產量，呈現期作間的不同，一期作稉秈稻型稻穀產量隨氮肥施用量的增加而增加，秈稻型高於稉稻型，至 210 kg N/ha 時呈緩慢增加，稉稻型則呈降低趨勢，但兩稻型並無統計上的差異。二期作呈兩稻型呈相同趨勢，但稉稻型施用高於 90kg N/ha 後其稻穀產量高於秈稻型，兩稻型也無統計上的差異。16 個試區不同品種平均稻穀產量以氮肥施用 210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達 7300 kg/ha，二期作達 6100 kg/ha，施用超過 210 kg N/ha 時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少，如圖 1。

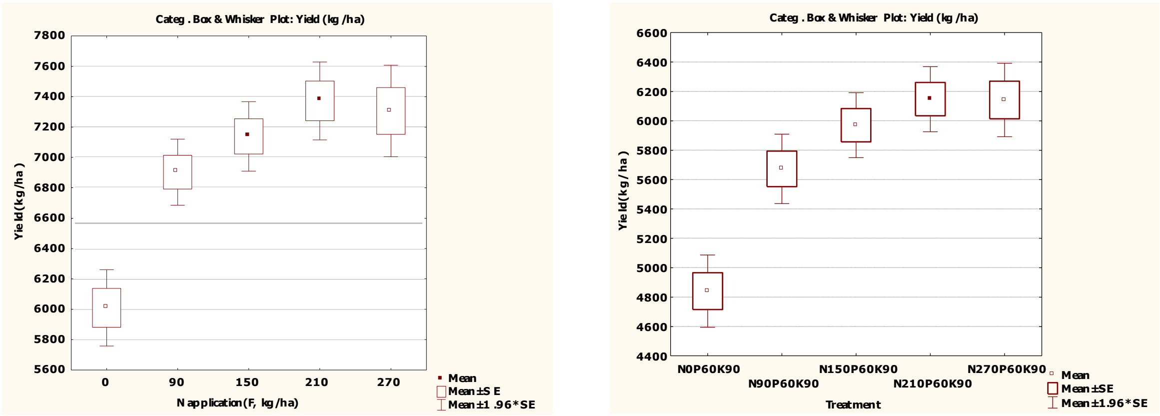


圖 1、101 年兩期作不同水稻品種氮肥施用量與稻穀平均產量關係，一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

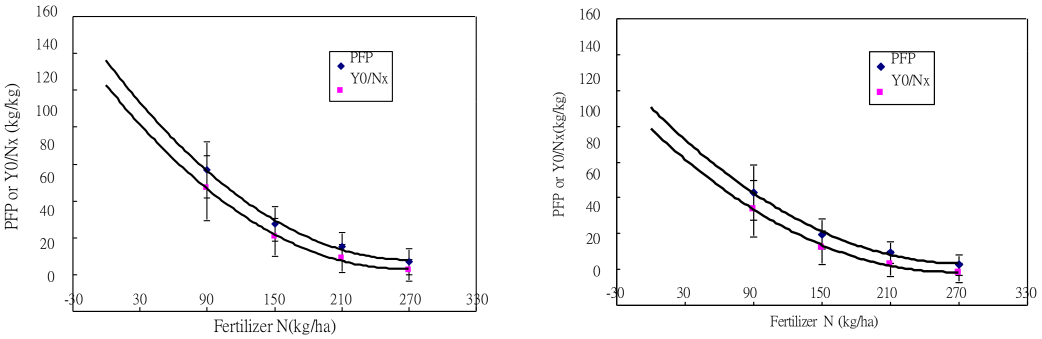
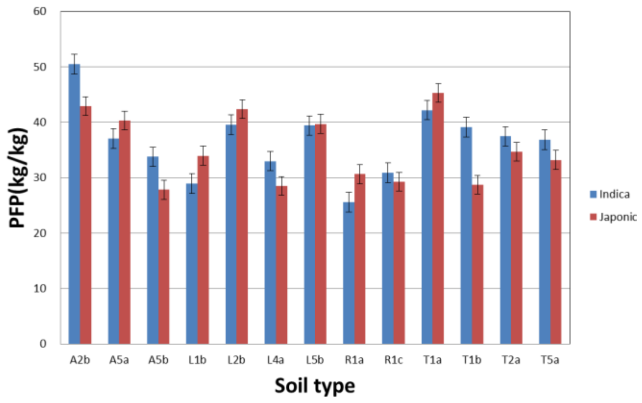


圖 2、不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率與有效田塊自然供氮力(EINS)之關係一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

各試區不同品種氮肥利用效率(PFP)兩期作均以氮肥施用 90 kg N/ha 為最高，圖 2，不同土壤管理組如施用 210 kg N/ha 也以一期作高於二期作，如圖 3，氮肥利用效率(PFP)高，可能造成水稻一期作平均稻穀產量高於二期作主要原因，提高二期作氮肥利用效率，為日後欲提高二期作稻穀產量主要研究工作。



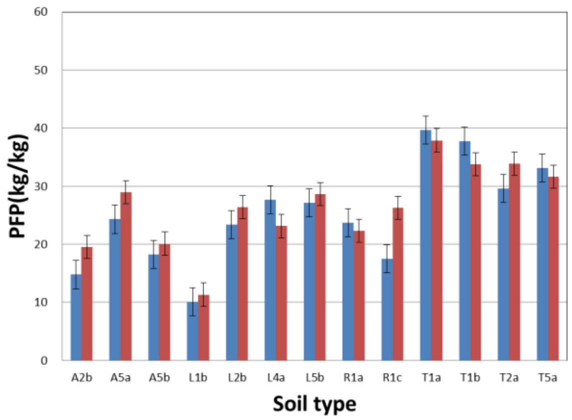


圖 3、不同水稻品種 210 kg N/ha 施肥量下不同土壤管理組與配因效率之關係一期作(左)，二期作(右)，14 個品種，16 個試區(2012)。

水稻氮肥的施用量 水稻氮素之必需量，可因品種、土壤、氣候與栽培管理方法等而有差別。為修

訂我國水稻氮肥推薦量，於本省不同氣候生態區與土壤管理組類別進行「不同水稻品種氮肥等級試驗」，茲將部分成果作檢討，期能決定各地區水稻氮肥施用大體用量，而推薦給農民使用。

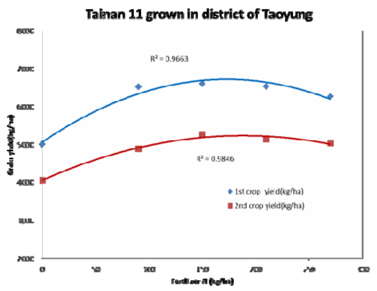
氣溫與施氮量對水稻產量之影響，不考慮氮肥量外之限制因子時，台灣西部依地理位置與縣市大致可劃分桃園地區、竹苗地區、中彰投地區、雲嘉南地區、高屏地區與恆春半島等 6 個施氮肥生態區。茲將以不同氣候生態區水稻品種稻穀收量與施氮量進行曲線模型進行模擬所得迴歸線求出氮肥推薦量，如以下敘述：

桃園地區

以台南 11 號水稻品種稻穀收量與施氮量進行曲線模型進行模擬所得迴歸線，如表 4，目標產量的訂定以迴歸線 98%的產量水準，另參考 3 年度不同期作出現產量的頻率為基準。

表 4.桃園地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量(kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
桃園地區	一期作	臺南11號	Y= -0.0552X2+19.096X+5065.4 r^2=0.9663**	6600	127	219
	二期作		Y= -0.0331X2+12.456X+4061.4 r^2=0.9846**	5200	156	220



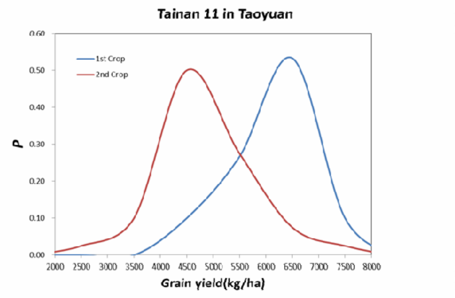


圖 4. 100-102 年桃園地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

竹苗地區

竹苗水稻氣溫生態區，依此原則訂定的最適施氮肥量，如表 5 及圖 5，參照當地農民慣行施氮量約可得各生態區氮肥施用量的大概。

其中部分生態區的期作，當試驗用最高施氮量 270 kg N/ha，並未見收量減少的趨勢，如竹苗地區二期作，期收量是否為除氮量外的重要因素所決定，此必須關聯更多的田間試驗資料以釐清。

西部地區水稻氣候生態區，台南 11 號水稻品種未達目標產量所建議的施氮量，如表 7，因此建議量未考慮氮肥利用率，將另文補充。

表 5. 竹苗地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量(kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
竹苗地區	一期作	臺南11號	y= -0.0677x2+26.196x+4907.2 r^2=0.9867**	7300	148	239
	二期作		y= -0.0101x2+10.904x+3500.3 r^2=0.9405**	4800	136	943

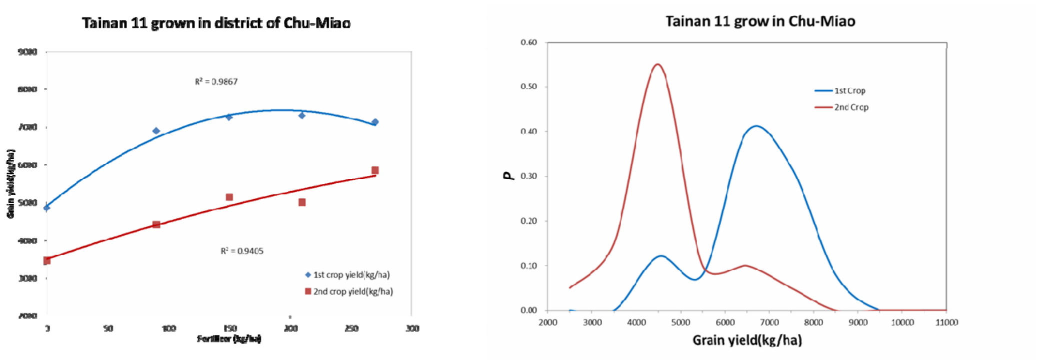


圖 5.100-102 年竹苗地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

高屏地區

表 6. 高屏地區台南 11 號水稻品種不同氮肥等級與稻穀收量之迴歸所得施氮量

地區	期別	品種	方程式	目標產量(kg/ha)	經濟施氮量(kg/ha)	最高施氮量(kg/ha)
高屏地區	一期作	臺南11號	y= -0.0072x2+10.319x+7554 r^2 = 0.9094**	9000	157	1276
	二期作		y= 0.0122x2-0.2752x+4200.8 r^2=0.9129**	4500#	168	

#:試驗受病蟲害干擾

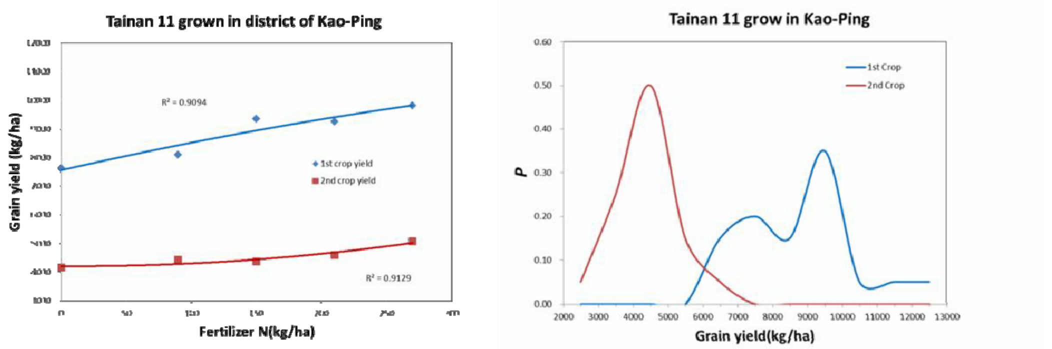


圖 6.100-102 年高屏地區台南 11 號不同施氮量之產量效應與出現頻率

表 **7.100-102** 年 **6** 期次西部地區台南 **11** 號水稻氮素施用量與目標產量

地區	期作	可決係數 r^2	目標產量 (kg/ha)	經濟目標施氮量 (kg/ha)
桃園地區	I	0.9663**	6600	127
	II	0.9846**	5200	156
竹苗地區	I	0.9867**	7300	148
	II	0.9405**	4800	136
中彰投地區	I	0.9513**	7000	142
	II	0.9971**	6000	175
雲嘉南地區	I	0.9899**	7800	213
	II	0.9834**	6000	156
高屏地區	I	0.9094**	9000	157
	II#	0.9129**	4500	168
恆春半島	I	0.9131**	7500	160
	II#	0.7553	2500	42

#:試驗受病蟲害干擾

結　論

對於「水稻施肥推薦手冊」的增訂應朝向以下方式:

1. 過去土壤肥料試驗之再檢討與資料應用，包括土壤資訊資料庫的應用。
2. 氮肥以田間肥料試驗為指標，原則以高生產力區表土壤供應力高，一期作以屏東地區為對照區，二期作以台南供水無虞的地區為對照區，酌減氮肥施用量。
3. 氣候效應高的地區，相對地最少重要因素超過一定量後，則應也酌減氮肥施用量。
4. 磷鉀肥因目前尚無完整田間試驗資料，暫以沿用過去土壤診斷分析數據，對應磷鉀肥施用量為原則。

未來展望與建議

1. 化學肥料施用量外，同時當有機肥料施用的效應未來應一併考慮。
2. 水稻肥料的施用量除與栽培法及環境條件有關外，農業經營方針及農產品的價格因素也並須納入考量。

參考文獻

1. 郭鴻裕 劉滄棽 朱戩良 江志峰 2003 台灣現行之農田土壤管理組之歸併與利用 p.1-20 土壤管理組規劃及應用研討會論文集。
2. 朱兆良 2008 "Research on soil nitrogen in China." ACTA PEDOLOGICA SINICA45(5).
3. 陳春泉 郭鴻裕 1991 台灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告 p.13-18 農業試驗所特刊第 34 號。
4. 張仲民譯 2007 作物之營養與肥料 p.79-85 徐氏文教基金會出版.
5. Cassman, K. G., S. K. De Datta, S. T. Amarante, S. P. Liboon, M. I. Samson, andM. A. Dizon. 1996. Long-term comparison of the agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources for tropical lowland rice. Expl. Agric. 32:427-444.
6. Dobermann, A., C. Witt, S. Abdulrachman, H. C. Gines, R. Nagarajan, T. T. Son, P. S. Tan, G. H. Wang, N. V. Chien, V. T. K. Thoa, C. V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Ravi, M. Babu, G. C. Simbahan, and M. A. A. Adviento. 2003. Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. Agron. J. 95:913-923.

水稻氮肥對生育及病害之影響

Influence of nitrogen fertilizer on the growth and disease of rice

廖勁穎[1]、張繼中[2]、黃文益[1]、梁佑慎[3,*]

[1]行政院農業委員會臺東區農業改良場助理研究員。臺灣 臺東縣。

[2]行政院農業委員會臺東區農業改良場副研究員。臺灣 臺東縣。

[3]屏東科技大學助理教授。臺灣 屏東縣。

*通訊作者：justinliang@mail.npust.edu.tw

水稻病蟲害、生育及產量與施肥密切相關，栽培時必需依品種，配合土壤狀況及氣候進行合理化施肥。本試驗之目的為探討臺東地區 3 種水稻品種及 5 種氮肥用量對水稻病害及生育之影響，期能作為臺東地區水稻施肥參考。試驗於鹿野鄉瑞源村瑞穗系(Js5Ca)土壤進行，水稻品種為高雄 139 號、高雄 145 號及臺稉 9 號，氮肥用量等級為 0、90、150、210 及 270 kg ha^{-1}。試驗結果顯示，水稻氮施用量高時不影響土壤酸鹼度，對電導度及土壤中磷、鉀、鈣、鎂等均無顯著差異；水稻植體元素含量隨不同氮用量等級處理，當施用量越高時，植體氮含量增加，鉀含量沒有顯著差異，但氮鉀比隨氮施用量提升而增加，可能造成水稻抗病性減少；微量元素隨氮施用量增加，鐵、錳、銅、鋅吸收量也隨之提升。水稻葉色及株高隨氮肥施用量增加而變化，在 0 kg ha^{-1} 至 150 kg ha^{-1} 處理間有上升的趨勢，施用量在 210 kg ha^{-1} 以上無顯著差異。水稻產量在氮用量 0 kg ha^{-1} 時水稻產量最低，施用量 90 kg ha^{-1} 時產量顯著提升，氮用量在 150 kg ha^{-1} 至 210 kg ha^{-1} 處理間具有最高產量，施用量至 270 kg ha^{-1} 時產量顯著減少；稻熱病之發生於 90 kg ha^{-1} 以上隨施用量增加罹病度增加。胡麻葉枯病在氮肥施用量 90 kg ha^{-1} 以下時發生。稻熱病與胡麻葉枯病在各試驗年度、期作別及不同品種略有差異，但氮肥仍為重要影響因素。

關鍵詞：土壤肥力、植物營養、水稻、氮肥、病害

前　　言

水稻病蟲害、生育及產量與施肥密切相關[21]，栽培時必需依品種，配合土壤狀況及氣候進行合理化施肥，在臺東地區主要栽培的品種為高雄 139 號、高雄 145 號、臺稉 9 號等約十數種，其中高雄 139 號雖已育成近 20 年，仍為消費者所喜愛，為臺東地區特色稻米品種之一；而水稻栽培時，氮為促進生育及產量最重要的元素，充足的氮可以增加水稻分蘗數、增加穗長並提高產量，但在過量施用氮肥時，水稻葉片柔軟下垂，節間拉長易倒伏，無效分蘗數增多，使病害蔓延快速且不易控制，反而讓產量下降，尤其病害更與水稻氮關係密切，李(1984)研究顯示水稻植體氮含量與產量呈顯著負相關，但與穗稻熱病發生率呈顯著正相關，表示增加氮肥施用使穗稻熱病發生而無法提高產量。由於水稻植體含氮量與穗稻熱病率呈極顯著正相關，穗稻熱病率又與產量呈極顯著負相關，顯示過度施用氮肥為導致減低產量的因素。作物施肥必須合理的供應肥料及適合的養分管理方法，必須考慮土壤的性質與肥力[20]、作物養分需要[3]、氣候狀況、水稻品種[3]合理化施肥，才能避免肥料施用過多浪費，提升作物產品品質與產量，提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，獲得經濟及環保的最高利潤[2、17]。本試驗之目的為探討臺東地區 3 種水稻品種及 5 種氮肥用量對水稻病害及生育之影 響，以作為農民栽培管理及調節氮肥使用之參考依據。

材料與方法

田間設計及肥料處理

2013 – 2014 年於臺東縣鹿野鄉瑞源村進行田間試驗，土壤為淺層片岩石灰性沖積土瑞穗系 (Js5Ca)。種植 2 年 4 期作，水稻品種為高雄 139 號、高雄 145 號及臺稉 9 號。試驗採用逢機完全區集設計，5 處理，3 重複，計 15 小區，小區面積 3 m × 5 m = 15 m^2。氮肥用量分 5 級，分別為 0、90、150、210 及 270 kg ha^{-1} 。磷肥用量為 60 kgha^{-1}、鉀肥用量為 60 kg ha^{-1}(如表 1)。肥料施用法依作物施肥手冊 [4] 推薦法行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥 25%、插秧後施第 1 次追肥 (一期作 15 天，二期作 10 天) 20%、插秧後施第 2 次追肥 (一期作 30 天，二期作 20 天) 30%及穗肥 25%施用，磷肥以過磷酸鈣施用基肥 50%、插秧後施第 1 次追肥 30%、插秧後施第 2 次追肥 20%，鉀肥氯化鉀於基肥施用 20%、插秧後施第 1 次追肥 30%、插秧後施第 2 次追肥 30%及穗肥 20% 。

調查項目及分析方法

(一) 土壤分析：土壤樣本於種植前及收穫時採取，每小區隨機採取 5 點表土 (0 -

20 cm ），風乾、碎土、過篩（2 mm）。，並充分混合後進行土壤分析，各項目分析方式依據張[9、10]分析方法進行：

1. 土壤 pH 之測定：玻璃電極法（土：水＝ 1 ： 1 ）
2. 土壤有機質含量的測定：比色法
3. 土壤有效性磷：白雷氏第一法（Bray P method）
4. 土壤交換性鉀、鈣及鎂測定：孟立克氏法（Mehlich's method）
5. 土壤鐵、錳、銅、鋅之定量：感應電漿光譜法
6. 試驗前之土壤肥力分析結果如表 2。

(二) 植體分析：

於成熟期每小區逢機取 3 株水稻地上部（含葉片、葉鞘及莖桿），清洗後以 70℃ 烘乾磨粉，分析水稻植體要素含量。各項目依據張[8]之分析方法進行：

1. 氮之定量：微量擴散法
2. 磷之定量：鉬黃法
3. 鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅之定量：感應電漿光譜法

(三) 生育、病蟲害、產量及品質調查：

1. 生長調查：插秧後 60 天調查株高、葉色及有效分櫱數，葉色以 Chlorophyll Meter SPAD-502 葉綠素儀分析植物葉綠素相對含量。
2. 葉稻熱病：
   齊穗後調查發病率，每小區對角線取樣 10 叢，罹病面積率計算方式為：
   病斑面積率（ % ）=（病斑面積 / 全葉面積）× 100。
3. 胡麻葉枯病：
   齊穗後調查發病率，每小區對角線取樣 10 叢，罹病面積率計算方式為：
   病斑面積率（ % ）=（病斑面積 / 全葉面積）× 100。
4. 產量分析：小區全部收穫，經風選、曬乾，測定水分含量 13 %，秤其穀重，換算成公頃產量；計算方式為：每公頃產量（ kg / ha ）＝小區產量（ g / m^2 ）/ 1000g × 10000 m^2。

上述分析資料除第三條第 2、 3 項罹病度經角度轉換後再分析，統計分析軟體為
SAS EG 7.1 ，數據經變方分析（Analysis of Variance, ANOVA）測驗處理間之顯著性，再以最小顯著差異性測驗（Fisher's protected least significant difference test, LSD test）進行處理間平均值的差異檢定[14] ，在 $p \leqq 0.05$ 時視為顯著。

結果與討論

氮肥用量對土壤性質之影響

施用不同量級氮肥後土壤分析結果顯示（如表3），2013年第2期作土壤土壤pH值有顯著差異，氮施用量提高後土壤pH值有降低現象，其餘有機質、電導度、鉀、鈣、鎂等均未達顯著差異。雖然長期耕作與自然的淋洗等情況下，不論施肥的種類與多寡，都會導致土壤逐漸酸化[22、23、24]；譚及陳(2012)研究顯示，在水稻連作、水稻與旱作玉米輪作、旱作玉米與水稻輪作及旱作玉米連作4者比較，水稻田連作具穩定土壤酸鹼度效果，且與其他處理具顯著差異，且在不同耕作制度中，水田輪作可協助穩定旱作土壤酸鹼度，避免旱作連作造成土壤酸化嚴重情形。水稻田灌溉過程中易有滲漏、流失及淋洗情形[11]，肥料不易於土壤中保留，故雖本試驗大量施用易酸化土壤之硫酸銨作為氮肥，但僅於2013年第2期作土壤酸鹼度有顯著差異，分析產生差異原因可能為當期作降雨減少，採樣時土壤中肥料保留較多，故有顯著差異，但經耕犁、整地及灌溉後，2014年第1期作及第2期作試驗前土壤分析結果（如表2）顯示，土壤酸鹼度並無顯著差異，顯示水田土壤酸鹼度較為穩定，差異僅短暫出現。

氮肥用量對水稻植體元素含量之影響

於水稻插秧後60日採取葉片分析植體元素含量結果顯示（如表4–1、表4–2、表4–3、表4–4），於不同年度、期作別及水稻品種，不同氮肥用量處理對植體元素含量有不同反應，除2013年第1期作高雄145號植體氮含量無差異外，其餘處理均顯著呈現植體氮含量隨氮施用量提高而增加，0 kg ha^{-1}處理之氮含量較低，在不同品種、期作別及試驗年度，可能出現與或與90 kg ha^{-1}或150 kg ha^{-1}相同，270 kg ha^{-1}處理氮含量最高，但與210 kg ha^{-1}無顯著差異，顯示氮施用量在210 kg ha^{-1}時，已有較佳水稻植體氮含量，植體氮含量於0 kg ha^{-1}至150 kg ha^{-1}處理時有上升趨勢，於210 kg ha^{-1}以上時值體氮含量通常具有相同結果。植體鉀含量除2013年第2期作高雄145號有顯著差異外，其餘均不顯著，以氮/鉀比例進行分析，再施用270 kg ha^{-1}時均有最高之氮鉀比；水稻增施鉀肥可具有抗病及抗逆境之效果[1]，菸草的氮鉀比不平衡容易導致炭疽病及赤星病發生[15]，在過量施用氮肥時容易導致氮鉀比提升，可能是造成高氮肥下病害發生嚴重的原因之一。在微量元素部分，隨氮肥用量增加，水稻植體內鐵、錳、銅有增加的趨勢。

氮肥用量對水稻生育、產量及病害之影響

於水稻插秧後60日進行葉色及株高調查（如表5–1、表5–2），於不同年度、期作別及水稻品種，不同氮肥用量處理對葉色反應略有不同，但均以0 kg ha^{-1}處理之葉色最淺，隨肥料施用量增加葉色讀值提升，270 kg ha^{-1}處理之葉色最深，在0 kg ha^{-1}至150 kg ha^{-1}處理間，葉色有上升的趨勢，氮肥用量達210 kg ha^{-1}時，施用量增加很難提高葉色，與水稻氮含量有相同結果，張[8]等人研究結果表明，水稻葉綠素計測定之葉色與水稻氮含量有相同趨勢，可用於水稻氮含量判斷。不同氮肥施用量對水稻株高影響與葉色反應相同，在0 kg ha^{-1}至150 kg ha^{-1}處理間，株

高隨氮肥施用量增加而提高，在氮肥用量在 150 kg ha^{-1} 以上時，各處理間株高無顯著差異。水稻產量與氮肥用量有關，本試驗水稻品種，1、2 期作均有相同趨勢，當氮肥施用量 0 kg ha^{-1} 時水稻產量最低，施用量 90 kg ha^{-1} 時產量顯著提升，氮用量在 150 kg ha^{-1} 至 210 kg ha^{-1} 處理間具有最高產量，當施用量至 270 kg ha^{-1} 時產量顯著減少。江（2013）研究顯示水稻在氮 90 kg ha^{-1} 時有最大利用效率，產量最高則為 150 kg ha^{-1} 至 210 kg ha^{-1} 範圍，臺中地區及臺南地區研究顯示[3、6、17]，合理化施肥於 130 kg ha^{-1} 至 140 kg ha^{-1} 範圍作物有較佳的產量。

觀察水稻稻熱病發生情形，當施用量在 270 kg ha^{-1} 時，植株稻熱病比例在 32%- 52%，發生情形顯著，蔡武雄[16]研究顯示，1983 年第 1 期作水稻品種臺農 67 號葉稻熱病病斑面積率 5、 11、 25、 55 及 80%下，在嘉義分所之產量損失率分別爲 0.47、 4.26、 21.40、 54.19 及 81.91%，在白河之產量損失率各爲 1.35、 4.38、 23.18、 54.01 及 82.50%，顯示稻熱病可能為限制水稻產量因素。胡麻葉枯病在氮肥施用量 90 kg ha^{-1} 以下時發生，前人研究顯示[5]胡麻葉枯病發生與水稻缺乏氮、鉀、矽等元素有關，本試驗中氮施用量超過 90 kg ha^{-1} 時不發生，顯示適量施用氮肥可減少胡麻葉枯病發生。

分析於各年度、期作別及不同品種施用 5 個量級氮肥用量對水稻稻熱病之影響，結果顯示，在不同年度中，施用氮肥 0 kg ha^{-1} 時稻熱病不發生，施用 90 kg ha^{-1} 時稻熱病輕微發生，2013 年顯著較 2014 年高，施用量在 150 kg ha^{-1} 至 270 kg ha^{-1} 時均有發生稻熱病，發生嚴重程度隨年度不同而有差異。以期作別分析稻熱病與氮肥施用量之關係，當施用量在 0 kg ha^{-1} 以上，不同期作別發生程度不一，第 1 期作顯著較第 2 期作發生嚴重；在不同品種間，施用量在 90 kg ha^{-1} 時，依照品種發生程度顯著不同，本試驗中高雄 139 號及高雄 145 號顯著較臺稉 9 號低，其餘氮肥處理均無差異。水稻稻熱病發生與氮肥施用、品種及氣候有密切關係[12、13、19]，試驗使用之高雄 139 號、高雄 145 號及臺稉 9 號對稻熱病均無抗性，故發生稻熱病時有相似之反應；在氣候環境中，試驗年度及期作別均影響稻熱病發生程度，但肥料過量顯著提高稻熱病罹病程度，故合理施用氮肥可減輕稻熱病之發生（如表 6 - 9）。水稻胡麻葉枯病在不同品種及試驗年度均無差異，但在期作別有不同程度發生，故胡麻葉枯病除氣候影響發生程度外，合理施用氮肥可減輕發生情形 (如表 10 - 11)。

結　　論

作物施肥具有顯著的增產效果，水稻單位面積產量與肥料使用量呈密切相關，肥料施用量越高則產量提升越多，但施肥無法無限制的增產，過量的施用肥料，不僅使作物無法吸收造成浪費，導致病害發生影響產量；本研究顯示，水稻氮施用量高時不影響土壤酸鹼度，對電導度及土壤中磷、鉀、鈣、鎂等均無顯著

差異，顯示過量施用的氮肥不會保存於土壤中，可能流失或滲漏，不僅容易造成環境汙染，也產生浪費；水稻植體元素含量隨不同氮用量等級處理，當施用量越高時，植體氮含量增加，鉀含量沒有顯著差異，但氮鉀比隨氮施用量提升而增加，可能造成水稻抗病性降低；微量元素隨氮施用量增加，鐵、錳、銅、鋅吸收量也隨之提升。水稻葉色及株高隨氮肥施用量增加而變化，在 0 kg ha^{-1} 至 150 kg ha^{-1} 處理間有上升的趨勢，施用量在 210 kg ha^{-1} 以上無顯著差異。水稻產量在氮用量 0 kg ha^{-1} 時水稻產量最低，施用量 90 kg ha^{-1} 時產量顯著提升，氮用量在 150 kg ha^{-1} 至 210 kg ha^{-1} 處理間具有最高產量，施用量至 270 kg ha^{-1} 時產量顯著減少；稻熱病 90 kg ha^{-1} 以上隨施用量增加罹病度增加。胡麻葉枯病在氮肥施用量 90 kg ha^{-1} 以下時發生。稻熱病與胡麻葉枯病在各試驗年度、期作別及不同品種略有差異，但氮肥仍為重要影響因素。水稻生育時為求達到經濟產量，施氮仍是必要措施，尤其臺灣各地區土壤普遍缺乏氮，在相同水稻品種條件，氮肥效應最大，水稻施肥技術之關鍵在氮肥之施用，而氮肥之需要性，受土壤間差異之影響很大。本試驗研究探討氮肥與水稻品種、病害發生及產量的相關性，結果可作為未來訂定氮肥施用標準及開發最具經濟效益栽培模式之基礎。

參考文獻

1. 刘玲玲、彭显龙、刘元英、王诺。2008。不同氮肥管理条件下钾对寒地水稻抗病性及产量的影响。中国农业科学 41(8): 2258-2262。
2. 江志峰。2013。水稻氮素對群體質量提升與產量之效應。台中區農業改良場特刊 118 號 p.11-32。
3. 江汶錦。2014。臺南地區水稻品種氮肥利用效率比較。臺南區農業改良場研究彙報(63):59-72。
4. 作物施肥手冊。2005。水稻。p.16-20。臺中：中華肥料協會。
5. 李子純、許雨順、林慶喜 1980 臺灣東部水稻胡麻紫枯病稻田肥力改進試驗 中華農業研究 29(1): 35-46。
6. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61: 13-23。
7. 邱再發、黃文良。1970。水稻氮肥施肥技術之研究(Ⅰ) 氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響。農業研究 19：26-41。
8. 張素貞、李秉松、劉雲霖。2008。葉綠素計值在水稻肥培管理上的應用。苗栗區農業專訊(42): 13-14。
9. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法 p. 53-59。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
10. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法 p. 9-26。作物需肥診斷技術。臺灣省

農業試驗所特刊第 13 號。
11. 陳世楷、張誠信、陳昆宏、葉峻麟。2012。應用土壤水分及氮平衡耦合模式評估坡地水稻田氮汙染潛勢。農業工程學報 58(2):22-38。
12. 陳隆澤。1990。水稻品種(系) 對稻熱病之抵抗性反應。中華農業研究 39 (4): 303-314。
13. 黃益田。1983。稻熱病流行學之研究 IV. 葉稻熱病盛行率預測模式之發展。桃園區農業改良場研究彙報(1): 22-37。
14. 葉樹藩。1986。試驗設計學。國立臺灣大學農學院。臺北。
15. 董艳、董坤、范茂攀、赵平、林克惠。2007。氮钾营养与氮钾平衡对几种烤烟病害的影响。中国农学通报 23(1): 302-304。
16. 蔡武雄。1988。葉稻熱病引起水稻產量損失估計。中華農業研 37(2): 207-210。
17. 賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾。2012。氮肥用量對水稻產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 114：35-43。
18. 賴明信、陳正昌、郭益全、呂秀英、陳治官、李長沛、曾東海。1996。現行水稻推廣品種生產力與氮肥用量之關係 I 氮肥用量對水稻產量及產量構成要素之影響。中華農業研究 45(3):203-217。
19. 簡錦忠、朱啟魯。1970。肥料對水稻主要病害發生之關係。臺灣農業研究 19 (2): 62-71。
20. 譚增偉、陳桂暖。2012。比較長期水旱田輪作或連作施用硫酸銨對於土壤酸鹼值之影響。台灣農業研究 61(4):355-360。
21. 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖。2005。土壤肥力與合理化施肥 p.43-62。合理化施肥專刊(農業試驗所特刊第 121 號) 。行政院農業委員會農業試驗所、中華永續農業協會 臺中。
22. 龔偉、顏曉元、王景燕。2011。長期施肥對土壤肥力的影響①。土壤 43(3):336-342。
23. Barak, P., Jobe, B. O., Krueger, A. R., Peterson, L. A., & Laird, D. A. 1997. Effects of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. Plant and Soil 197(1) 61-69.
24. Johnston, A. E., K. W. T. Goulding, and P. R. Poulton. 1986. Soil acidification during more than 100 years under permanent grassland and woodland at Rothamsted. Soil use and management 2(1):3-10.

表 1 、試驗處理及代號說明。

Table 1. The description of treatments and code of experiment.

Treatment	Application rate (kg ha^{-1})			Rice variety	Variety code
	N	P_2O_5	K_2O		
N 0	0	60	60	高雄 139 號	KH-139
N 90	90	60	60	高雄 145 號	KH-145
N 150	150	60	60	臺稉 9 號	TK-9
N 210	210	60	60		
N 270	270	60	60		

表 2 、試驗前土壤肥力分析結果。

Table 2. The soil analysis data before the test of the first and second rice crops, 2013-2014

Crop	pH 1:1	EC 1:5	OM	Bray-1 P	Exchangeable cation K	Ca	Mg
		dS m^{-1}	%	------ -----------mg kg^{-1}-----------------			
2013 1st crop	6.12	0.21	35	45	56	2,042	123
2013 2nd crop	5.95	0.23	31	51	54	2,010	120
2014 1st crop	5.91	0.25	32	42	64	1,841	132
2014 2nd crop	6.12	0.24	34	37	61	2,162	136

表 3 、氮肥施用量對水稻收穫後土壤肥力之影響。

Table 3. Effect of nitrogen levels on the fertility of soil after harvest of rice plants.

Year	Cropping season	Treatment	pH 1:1	EC 1:5	OM	Bray-1 P	Exchangeable cation K	Exchangeable cation Ca	Exchangeable cation Mg
				dS m^{-1}	%	----------------mg kg^{-1}----------------			
2013	1st crop	N 0	6.13 a	0.23 a	35 a	45 a	56 a	2642 a	123 a
		N 90	6.15 a	0.25 a	34 a	44 a	62 a	3036 a	176 a
		N 150	6.20 a	0.24 a	36 a	43 a	55 a	2637 a	117 a
		N 210	6.17 a	0.25 a	36 a	43 a	56 a	2525 a	110 a
		N 270	6.08 a	0.22 a	36 a	49 a	54 a	2515 a	102 a
2013	2nd crop	N 0	6.00 a	0.24 a	31 a	47 a	61 a	2001 a	123 a
		N 90	5.96 ab	0.22 a	32 a	53 a	55 a	2086 a	125 a
		N 150	5.87 ab	0.22 a	31 a	50 a	52 a	1935 a	117 a
		N 210	5.72 b	0.23 a	32 a	55 a	49 a	1851 a	119 a
		N 270	5.72 b	0.20 a	31 a	51 a	54 a	2010 a	120 a
2014	1st crop	N 0	5.61 a	0.25 a	32 a	34 a	77 a	1841 a	98 a
		N 90	5.55 a	0.23 a	32 a	34 a	75 a	1881 a	93 a
		N 150	5.52 a	0.23 a	31 a	35 a	77 a	1827 a	99 a
		N 210	5.79 a	0.23 a	33 a	35 a	77 a	1806 a	95 a
		N 270	5.69 a	0.24 a	32 a	31 a	74 a	1801 a	101 a
2014	2nd crop	N 0	5.73 a	0.31 a	32 a	37 a	76 a	2492 a	126 a
		N 90	5.71 a	0.32 a	30 a	41 a	77 a	2265 a	114 a
		N 150	5.77 a	0.32 a	30 a	34 a	77 a	2261 a	122 a
		N 210	5.73 a	0.36 a	31 a	34 a	75 a	2259 a	128 a
		N 270	5.62 a	0.32 a	34 a	35 a	73 a	2278 a	122 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test ($P \leqq 0.05$).

表 4-1、2013 年度氮肥施用量對水稻植體元素含量之影響。

Table 4-1. Effect of nitrogen levels on the fertility of plants element content after harvest of rice plants, 2013.

Year	Cropping season	Variety	Treatment	N	P	K	N/K	Ca	Mg
2013	1st crop	KH-139	0	2.71 c	0.16 b	2.02 a	1.37 b	0.49 a	0.12 b
		KH-139	90	3.03 bc	0.22 ab	2.16 a	1.41 b	0.36 a	0.17 a
		KH-139	150	3.53 ab	0.20 ab	2.21 a	1.62 b	0.42 a	0.17 a
		KH-139	210	3.58 ab	0.21 ab	2.05 a	1.75 b	0.40 a	0.17 a
		KH-139	270	4.09 a	0.25 a	1.75 b	2.35 a	0.32 a	0.20 a
		KH-145	0	2.63 a	0.21 a	2.15 a	1.27 a	0.62 a	0.13 a
		KH-145	90	3.08 a	0.20 a	2.20 a	1.39 a	0.56 a	0.45 a
		KH-145	150	3.46 a	0.20 a	2.06 a	1.67 a	0.51 a	0.17 a
		KH-145	210	2.99 a	0.20 a	1.90 a	1.54 a	0.66 a	0.20 a
		KH-145	270	4.02 a	0.33 a	2.03 a	1.99 a	0.46 a	0.25 a
		TK-9	0	2.12 b	0.16 a	1.78 a	1.20 b	0.37 a	0.10 c
		TK-9	90	2.27 b	0.17 a	1.88 a	1.21 b	0.52 a	0.14 b
		TK-9	150	2.78 ab	0.13 a	2.12 a	1.32 b	0.54 a	0.18 a
		TK-9	210	3.05 ab	0.13 a	2.09 a	1.51 ab	0.48 a	0.19 a
		TK-9	270	3.75 a	0.20 a	2.06 a	1.85 a	0.32 a	0.21 a
2013	2nd crop	KH-139	0	1.12 c	0.14 a	1.41 a	0.79 b	1.40 a	1.40 a
		KH-139	90	1.22 bc	0.16 a	1.37 a	0.89 b	1.40 a	1.40 a
		KH-139	150	1.53 abc	0.16 a	1.40 a	1.09 ab	1.41 a	1.42 a
		KH-139	210	1.59 ab	0.15 a	1.43 a	1.12 ab	1.36 a	1.36 a
		KH-139	270	1.80 a	0.16 a	1.38 a	1.32 a	1.42 a	1.42 a
		KH-145	0	1.06 b	0.13 b	1.32 ab	0.80 c	1.44 a	1.44 a
		KH-145	90	1.10 b	0.13 b	1.32 ab	0.84 bc	1.35 a	1.35 a
		KH-145	150	1.37 ab	0.14 b	1.25 ab	1.15 abc	1.49 a	1.45 a
		KH-145	210	1.35 ab	0.14 b	1.12 b	1.25 ab	1.57 a	0.96 a
		KH-145	270	1.61 a	0.17 a	1.40 a	1.17 a	1.32 a	0.19 b
		TK-9	0	1.01 c	0.07 b	1.25 a	0.79 c	1.16 a	0.11 b
		TK-9	90	0.98 c	0.07 b	1.31 a	0.76 c	1.04 a	0.12 ab
		TK-9	150	1.47 b	0.09 ab	1.25 a	1.19 bc	1.10 a	0.18 ab
		TK-9	210	1.77 ab	0.10 a	1.19 a	1.69 a	1.03 a	0.14 ab
		TK-9	270	1.99 a	0.12 a	1.42 a	1.42 ab	1.14 a	0.20 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 4-2、2014 年度氮肥施用量對水稻植體元素含量之影響。

Table 4-2. Effect of nitrogen levels on the fertility of plants element content after harvest of rice plants, 2014.

Year	Cropping season	Variety	Treatment	N	P	K	N/K	Ca	Mg
2014	1st crop	KH-139	0	0.76 c	0.20 b	1.67 a	0.45 b	1.23 a	0.10 b
		KH-139	90	0.98 bc	0.19 b	1.56 a	0.63 b	1.34 a	0.11 b
		KH-139	150	1.22 b	0.21 b	1.71 a	0.71 b	1.34 a	0.11 b
		KH-139	210	2.01 a	0.31 a	1.46 a	1.41 a	1.11 a	0.17 a
		KH-139	270	2.34 a	0.30 a	1.49 a	1.59 a	1.12 a	0.18 a
		KH-145	0	0.90 d	0.16 c	1.48 a	0.62 c	0.93 a	0.07 d
		KH-145	90	1.41 dc	0.15 c	1.47 a	0.96 bc	1.13 a	0.11 dc
		KH-145	150	1.53 bc	0.19 bc	1.62 a	0.95 bc	1.13 a	0.15 bc
		KH-145	210	2.02 b	0.25 ab	1.73 a	1.19 b	1.05 a	0.20 b
		KH-145	270	3.02 a	0.27 a	1.62 a	1.87 a	0.94 a	0.27 a
		TK-9	0	0.77 c	0.17 a	1.55 a	0.50 b	1.11 a	0.12 a
		TK-9	90	0.91 bc	0.20 a	1.57 a	0.58 ab	1.54 ab	0.13 a
		TK-9	150	1.17 abc	0.20 a	1.49 a	0.80 ab	1.35 ab	0.12 a
		TK-9	210	1.77 ab	0.22 a	1.48 a	1.20 a	1.41 ab	0.16 a
		TK-9	270	1.99 a	0.18 a	1.67 a	1.19 a	1.07 b	0.19 a
2014	2nd crop	KH-139	0	1.05 b	0.38 a	1.15 a	1.15 a	1.14 a	0.07 a
		KH-139	90	1.17 ab	0.43 a	1.22 a	1.19 a	1.15 a	0.09 a
		KH-139	150	1.42 a	0.40 a	1.02 a	1.73 a	0.96 a	0.09 a
		KH-139	210	1.44 a	0.40 a	1.10 a	1.69 a	1.02 a	0.10 a
		KH-139	270	1.46 a	0.39 a	1.12 a	1.56 a	1.05 a	0.12 a
		KH-145	0	1.00 b	0.39 a	1.19 a	0.97 a	1.09 a	0.08 a
		KH-145	90	1.16 ab	0.43 a	1.24 a	1.20 a	1.28 a	0.09 a
		KH-145	150	1.15 ab	0.45 a	1.17 a	1.21 a	1.30 a	0.10 a
		KH-145	210	1.38 a	0.49 a	1.24 a	1.32 a	1.29 a	0.12 a
		KH-145	270	1.25 ab	0.47 a	1.24 a	1.40 a	1.33 a	0.11 a
		TK-9	0	1.51 b	0.18 a	0.84 a	2.24 a	0.82 a	0.03 a
		TK-9	90	2.00 a	0.21 a	0.96 a	2.52 a	0.94 a	0.06 a
		TK-9	150	2.19 a	0.22 a	0.99 a	2.52 a	0.83 a	0.08 a
		TK-9	210	1.97 a	0.20 a	0.90 a	2.43 a	0.76 a	0.06 a
		TK-9	270	1.95 a	0.25a	0.66 a	3.06 a	0.53 a	0.05 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 4-3、2013 年度氮肥施用量對水稻植體元素含量之影響。

Table 4-3. Effect of nitrogen levels on the fertility of plants element content after harvest of rice plants, 2013.

Year	Cropping season	Variety	Treatment	Mn	Zn	Fe	Cu
2013	1st crop	KH-139	0	243 a	15 a	102 a	4 b
		KH-139	90	374 a	11 a	108 a	5 ab
		KH-139	150	338 a	16 a	122 a	5 ab
		KH-139	210	329 a	19 a	126 a	5 ab
		KH-139	270	345 a	17 a	134 a	7 a
		KH-145	0	282 b	15 a	112 c	4 c
		KH-145	90	366 ab	24 a	147 b	6 b
		KH-145	150	315 b	28 a	148 b	6 b
		KH-145	210	270 b	25 a	170 ab	5 bc
		KH-145	270	549 a	24 a	185 a	8 a
		TK-9	0	171 b	7 c	69 b	3 c
		TK-9	90	199 b	11 bc	83 b	3 c
		TK-9	150	420 a	21 ab	129 ab	5 b
		TK-9	210	341 ab	24 a	147 a	6 ab
		TK-9	270	434 a	21 ab	124 ab	7 a
2013	2nd crop	KH-139	0	24 a	14 a	70 c	3 b
		KH-139	90	36 a	17 a	98 b	4 ab
		KH-139	150	32 a	17 a	116 ab	4 ab
		KH-139	210	35 a	17 a	120 ab	4 a
		KH-139	270	29 a	19 a	124 a	4 a
		KH-145	0	67 a	13 b	66 c	3 c
		KH-145	90	115 a	16 ab	92 bc	4 bc
		KH-145	150	114 a	15 ab	134 ab	4 bc
		KH-145	210	99 a	18 ab	122 ab	5 b
		KH-145	270	124 a	22 a	151 a	6 a
		TK-9	0	87 a	14 c	98 b	2 c
		TK-9	90	90 a	18 bc	111 b	3 c
		TK-9	150	108 a	20 ab	126 ab	5 b
		TK-9	210	90 a	20 ab	134 ab	5 b
		TK-9	270	135 a	23 a	154 a	8 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 4-4、2014 年度氮肥施用量對水稻植體元素含量之影響。

Table 4-4. Effect of nitrogen levels on the fertility of plants element content after harvest of rice plants, 2014.

Year	Cropping season	Variety	Treat-ment	Mn	Zn	Fe	Cu
2014	1st crop	KH-139	0	135 b	13 b	170 bc	9 bc
		KH-139	90	252 a	18 ab	156 c	5 c
		KH-139	150	232 ab	17 ab	190 bc	7 bc
		KH-139	210	164 ab	21 a	250 a	10 ab
		KH-139	270	218 ab	22 a	220 ab	13 a
		KH-145	0	71 d	11 e	173 b	3 d
		KH-145	90	123 c	16 d	188 b	6 cd
		KH-145	150	141 bc	19 c	205 b	6 bc
		KH-145	210	173 ab	23 b	210 ab	9 ab
		KH-145	270	186 a	28 a	244 a	10 a
		TK-9	0	122 a	19 a	237 a	6 a
		TK-9	90	418 a	19 a	232 a	4 a
		TK-9	150	210 a	18 a	192 a	5 a
		TK-9	210	257 a	19 a	202 a	9 a
		TK-9	270	177 a	24 a	220 a	11 a
2014	2nd crop	KH-139	0	135 a	9 a	125 a	3 a
		KH-139	90	223 a	11 a	169 a	4 a
		KH-139	150	177 a	10 a	164 a	4 a
		KH-139	210	179 a	11 a	149 a	4 a
		KH-139	270	170 a	13 a	216 a	5 a
		KH-145	0	151 a	10 a	178a	3 a
		KH-145	90	192 a	12 a	203a	4 a
		KH-145	150	237 a	11 a	279 a	5 a
		KH-145	210	223 a	12 a	258 a	5 a
		KH-145	270	224 a	13 a	296 a	5 a
		TK-9	0	70 a	7 a	41 a	2 a
		TK-9	90	160 a	10 a	68 a	4 a
		TK-9	150	166 a	11 a	73 a	3 a
		TK-9	210	115 a	9 a	58 a	3 a
		TK-9	270	76 a	7 a	47 a	2 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 5-1、2013 年度氮肥用量對水稻葉色、株高、產量、胡麻葉枯病及稻熱病之影響。

Table 5-1. Effect of nitrogen levels on the fertility of leaf color , height, yield, brown spot and blast disease of rice, 2013.

Year	Cropping season	Variety	Treat-ment	Leaf color	height	Yield	Brown spot	Rice blast
2013	1st crop	KH-139	0	30 c	83 d	3,310 c	11.3 a	0.0 e
		KH-139	90	33 b	90 c	4,960 a	6.7 b	6.0 d
		KH-139	150	38 a	99 b	5,200 a	0.0 c	13.5 c
		KH-139	210	38 a	103 ab	5,140 a	0.0 c	32.0 b
		KH-139	270	40 a	105 a	4,080 b	0.0 c	49.5 a
		KH-145	0	30 c	80 d	2,760 c	14.7 a	0.0 e
		KH-145	90	32 c	86 c	4,190 b	5.7 b	7.0 d
		KH-145	150	36 b	106 b	4,390 ab	0.0 c	15.3 c
		KH-145	210	37 b	112 a	4,830 a	0.0 c	28.0 b
		KH-145	270	44 a	109 ab	3,060 c	0.0 c	50.0 a
		TK-9	0	32 c	80 d	3,270 c	17.7 a	0.0 e
		TK-9	90	33 c	85 c	4,770 b	5.7 b	11.0 d
		TK-9	150	39 b	105 b	5,340 ab	0.0 c	15.5 c
		TK-9	210	42 ab	111 a	5,640 a	0.0 c	30.0 b
		TK-9	270	43 a	111 a	5,140 ab	0.0 c	52.0 a
2013	2nd crop	KH-139	0	29 d	91 c	2,790 d	18.3 a	0.0 c
		KH-139	90	35 c	99 b	4,660 b	7.7 b	0.0 c
		KH-139	150	38 bc	98 bc	5,350 a	0.0 c	0.0 c
		KH-139	210	33 ab	109 a	5,320 a	0.0 c	16.7 b
		KH-139	270	41 a	104 ab	3,930 c	0.0 c	33.3 a
		KH-145	0	28 b	84 d	3,370 c	18.3 a	0.0 d
		KH-145	90	33 ab	97 c	4,700 b	6.7 b	0.0 d
		KH-145	150	38 a	95 c	5,350 a	0.0 c	8.3 c
		KH-145	210	38 a	112 b	5,240 a	0.0 c	20.0 b
		KH-145	270	37 a	120 a	4,380b	0.0 c	31.7 a
		TK-9	0	30 b	85 c	3,620 e	16.7 a	0.0 c
		TK-9	90	32 b	100 b	4,770 c	8.3 b	0.0 c
		TK-9	150	36 ab	100 b	5,660 b	0.0 c	5.0 c
		TK-9	210	39 a	112 a	5,950 a	0.0 c	13.3 b
		TK-9	270	41 a	118 a	4,020 d	0.0 c	35.0 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 5-2、2014 年度氮肥用量對水稻葉色、株高、產量、胡麻葉枯病及稻熱病之影響。

Table 5-2. Effect of nitrogen levels on the fertility of leaf color, height, yield, brown spot and blast disease of rice, 2014.

Year	Cropping season	Variety	Treatment	Leaf color	height	Yield	Brown spot	Rice blast
2014	1st crop	KH-139	0	27 c	84 c	3,660 c	9.7 a	0.0 d
		KH-139	90	33 b	92 b	4,550 b	0.0 b	0.0 d
		KH-139	150	35 b	97 b	5,550 a	0.0 b	11.7 c
		KH-139	210	35 b	104 a	5,620 a	0.0 b	21.7 b
		KH-139	270	42 a	110 a	3,650 c	0.0 b	46.7 a
		KH-145	0	28 d	83 c	3,820 c	10.0 a	0.0 d
		KH-145	90	31 c	105 b	5,180 b	0.0 b	0.0 d
		KH-145	150	32 c	104 b	5,870 a	0.0 b	11.7 c
		KH-145	210	38 b	104 b	6,080 a	0.0 b	18.3 b
		KH-145	270	41 a	116 a	4,820 b	0.0 b	36.7 a
		TK-9	0	29 d	85 c	4,030 c	10.6 a	0.0 e
		TK-9	90	32 c	99 b	5,220 b	0.0 b	9.4 d
		TK-9	150	32 c	112 a	5,640 ab	0.0 b	14.4 c
		TK-9	210	36 b	121 a	6,370 a	0.0 b	21.7 b
		TK-9	270	42 a	118 a	5,515 ab	0.0 b	36.7 a
2014	2nd crop	KH-139	0	26 c	79 c	3,080 d	21.7 a	0.0 c
		KH-139	90	28 c	95 b	4,040 c	15.0 b	0.0 c
		KH-139	150	31 b	102 a	5,530 a	0.0 c	0.0 c
		KH-139	210	35 a	108 a	5,720 a	0.0 c	11.7 b
		KH-139	270	37 a	107 a	4,930 b	0.0 c	36.7 a
		KH-145	0	27 d	85 d	3,030 d	23.3 a	0.0 c
		KH-145	90	32 c	93 c	4,390 c	13.3 b	0.0 c
		KH-145	150	33 c	104 b	5,700 a	0.0 c	0.0 c
		KH-145	210	39 b	115 a	5,520 a	0.0 c	8.3 b
		KH-145	270	43 a	115 a	4,800 b	0.0 c	28.3 a
		TK-9	0	26 d	84 c	3,400 c	21.7 a	0.0 c
		TK-9	90	30 c	91 bc	5,300 b	10.7 b	1.0 c
		TK-9	150	32 c	98 b	6,250 a	0.0 c	2.0 c
		TK-9	210	37 b	122 a	5,830 a	0.0 c	21.7 b
		TK-9	270	41 a	118 a	5,170 b	0.0 c	35.0 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 6、年度於不同氮肥用量對水稻稻熱病之影響。

Table 6. Effect of nitrogen levels on the year of and blast disease of rice.

		0	90	150	210	270
Year	2013	0 a	4.0 a	9.6 a	23.3 a	41.9 a
	2014	0 a	1.4 b	6.1 b	17.2 b	36.6 b

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 7、期作別於不同氮肥用量對水稻稻熱病之影響。

Table 7. Effect of nitrogen levels on the crop of and blast disease of rice.

		0	90	150	210	270
Cropping	1st crop	0 a	5.4 a	13.7 a	25.2 a	45.3 a
season	2nd crop	0 a	0.2 b	2.5 b	15.3 b	33.4 b

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 8、品種於不同氮肥用量對水稻稻熱病之影響。

Table 8. Effect of nitrogen levels on the variety of and blast disease of rice.

		0	90	150	210	270
variety	KH-139	0 a	1.5 b	6.2 a	20.5 a	41.5 a
	KH-145	0 a	1.8 b	8.8 a	18.7 a	36.7 a
	TK-9	0 a	4.8 a	8.4 a	21.7 a	39.4 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 9、年度於不同氮肥用量對水稻胡麻葉枯病之影響。

Table 9. Effect of nitrogen levels on the year of and brown spot of rice.

	0	90	150	210	270
2013	16.2 a	6.8 a	0 a	0 a	0 a
2014	16.1 a	6.9 a	0 a	0 a	0 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 10、期作別於不同氮肥用量對水稻胡麻葉枯病之影響。

Table 10. Effect of nitrogen levels on the crop of and brown spot of rice.

	0	90	150	210	270
1st crop	12.3 b	3.1 b	0 a	0 a	0 a
2nd crop	20.0 a	10.3 a	0 a	0 a	0 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

表 11、品種於不同氮肥用量對水稻胡麻葉枯病之影響。

Table 11. Effect of nitrogen levels on the variety of and brown spot of rice.

	0	90	150	210	270
KH-139	14.7 a	7.3 a	0 a	0 a	0 a
KH-145	17.0 a	6.4 a	0 a	0 a	0 a
TK-9	17.0 a	6.8 a	0 a	0 a	0 a

Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Fisher's protected least significant difference test, LSD test (P≦0.05).

苗栗地區水芋施肥推薦

Fertilization recommendation for wet taro at Miaoli district

蔡正賢[1*]、吳添益

[1]行政院農業委員會苗栗區農業改良場

*E-mail: tsaijh@mdais.gov.tw

摘　要

為建立苗栗區水芋合理施肥量及施肥分配，進行作物產量、與土壤資訊調查，並於 102-104 年執行產區田間營養診斷調查與肥培試驗，氮肥分為 100、200、400、600 公斤/公頃等 4 種處理，氧化鉀分為 150、300、450、600 公斤/公頃等 4 種處理。磷酐分為 0、100、200、300 公斤/公頃等 4 種用量與 2 種追肥設計(複因子設計)。由作物分布與土壤資訊發現，苗栗地區水芋栽培區有 66.5%屬於淺層土，97.7%的表土屬於中至粗質地，93.9%屬於排水不完全土壤。3 年田間試驗發現，各階段生育期的日數變動不大，第一階段生長初期約種植後 60 天內，第二階段地上部生長旺盛期約為種植後 150 天內，第三階段球莖快速膨大期約種植後 210 天內，第四階段球莖成熟期為種植後 210 天以後。氮對芋生長初期即有影響，每公頃用量 600 公斤產量較高，但田間罹病率也較高；氧化鉀於球莖成熟期後影響較明顯，每公頃用量 450 及 600 公斤產量較高；磷酐用量於地上部生長旺盛期即有影響，以 200 及 300 公斤/公頃用量者，莖基寬度較大，是否分施則沒有影響。綜合肥料試驗結果，苗栗地區水芋三要素推薦量，氮為 350-500 公斤/公頃，磷酐為 200-300 公斤/公頃，氧化鉀為 400-600 公斤公斤/公頃，除基肥外，推薦追肥次數，淺層沖積土約 7-10 次，其餘地區約 5-8 次。

關鍵詞：土壤管理、水芋、施肥手冊。

前　　言

芋(Colocasia esculenta (L.) Schott) 屬於天南星科，主要栽培縣市為屏東縣、台中市、苗栗縣、高雄市及花蓮縣，平均公頃產量 14 公噸。芋適應性很廣，一般耕地、水田、旱田、及山地均可種植。浸水栽培可抑制雜草，降低分蘖數，簡化田間操作。芋生育期可分為 4 個階段，即生長初期，地上部生長旺盛期，球莖快速膨大期及球莖成熟期（陳烈夫，1996）。各生育期施肥要領，生長初期生長量低，每 10~15 天施一次，每次每分地施氮量不宜超過 3 公斤。地上部生長旺盛期營養生長快速增加，根系大幅展開，仍以 10~15 天施肥一次，每次每分地施氮量，約為 4~6 公斤。球莖快速膨大期植株大小已固定，大量的光合物質分配至球莖，施氮量宜降低，每個月每分地不超過 3 公斤。球莖成熟期，不再施用氮肥，以利乾物轉移至地下球莖，並兼顧球莖品質（蔡永暭，2000）。目前主要栽培地區台中、高雄、花蓮等皆有施肥推薦，每分地（約 0.1 公頃）之氮推薦量約 40-70 公斤、磷酐約 10-15 公斤、氧化鉀約 20-50 公斤，除基肥外，推薦追肥次數 4-7 次。本場水芋栽培區絕大多數屬於非石灰性淺層排水不完全沖積土，淺層土壤使養分更容易流失，勢必增加追肥次數。本研究目的為了解苗栗水芋主要栽培區的肥料推薦，以充分反應地區環境差異。

材料與方法：

一、　調查作物產量、與土壤資訊調查，包括：土壤分區管理圖及土壤性質，例如：質地、母質與土壤 pH、灌排水狀況等級。

二、　執行產區田間營養診斷調查與肥培試驗：

（一）　氮肥試驗：定植日期 102 年 1 月 20 日，試驗田土壤為非石灰性中質地排水不完全沖積土，表土質地為砂質壤土，150 公分內無石礫，分為 100、200、400、600 公斤氮/公頃等 4 種處理。磷酐及氧化鉀用量分別為 100 及 400 公斤/公頃。

（二）　鉀肥試驗：定植日期 103 年 1 月 16 日，試驗田土壤為非石灰性淺層排水不完全沖積土，表土質地為壤土，30 公分以下為石礫，分為 150、300、450、600 公斤氧化鉀/公頃等 4 種處理。氮及磷酐用量分別為 450 及 200 公斤/公頃。

（三）　磷肥試驗：定植日期 103 年 1 月 30 日，試驗田土壤為為非石灰性中質地排水不完全沖積土，表土質地為砂質壤土，150 公分內無石礫，分為 0、100、200、300 公斤磷酐/公頃等 4 種用量與 2 種追肥設計（複因子設計）。氮及氧化鉀用量分別為 450 及 600 公斤/公頃。

三、　調查與工作項目：定期調查罹病度、莖徑、株高土壤及植體分析等。

結果與討論

一、　土壤資訊調查：

由農試所取得 2014 年苗栗水芋植栽分布圖（郭鴻裕，2015），並以 ArcGIS 地理資訊軟體分析水芋栽培區的土壤性質。結果發現，水芋栽培田區排水不完全佔 93.9%，淺層土佔 65.5%，表土中至粗質地佔 97.7%（圖一至圖三）。綜合以上結果，苗栗地區水芋栽培區多屬淺層土，水分及養分易滲漏流失、緩衝力差，應增加追肥次數，且表土為中至粗質地，肥效好、氮素釋放容易，氮用量不可過高。推薦追肥次數，淺層沖積土約 7-10 次，其餘區域約 5-8 次。

二、　生育期劃分：

水芋株高、莖基寬度隨時間變化如圖四及圖五，約種植後 60 天內，株高變化不大，屬生長初期，生長量少，以新葉片生成為主。種植後約 60-150 天內，株高呈直線上升，莖基寬度也開始增加，屬地上部生長旺盛期，此時葉面積顯著增加，生長量大。第 150 天後株高不再增加，莖基寬度仍持續增加，此時地下部乾重 31.9 公克，第 202 天時迅速增加至 79.6 公克，屬球莖快速膨大期，球莖快速膨大，而地上部分配比例，大幅減少。第 210 天以後，葉片開始黃化脫落，地上部乾重不增反減，而地下部乾重繼續增加至 143 公克，屬球莖成熟期。

三、　各生育期肥料效應：

三要素用量對莖基寬度的影響如圖六至圖八，氮對芋生長初期即有影響，球莖成熟期後，氮的用量對莖基寬度的影響便較不明顯，可能顯示氮肥不利乾物轉移至地下球莖。每公頃用量 600 公斤產量較高（圖九），但產量差異不大，考量氮肥對球莖成熟不利的影響，及高氮可能增加田間罹病率，氮推薦量仍以 450 公斤/公頃為宜；氧化鉀於球莖成熟期後影響較明顯，每公頃用量 450 及 600 公斤產量較高（圖十）；磷酐用量於地上部生長旺盛期即有影響，以 200 及 300 公斤/公頃用量者，莖基寬度較大，是否分施則沒有影響。

結　　論

水芋生長期劃分為生長初期 0-60 天，地上部生長旺盛期 60-150 天，球莖快速膨大期為 150-210 天，球莖成熟期為 210 天以後。苗栗地區水芋三要素推薦量(公斤/公頃)，氮：350-500，磷酐：200-300，氧化鉀：450-600 公斤。除基肥外，推薦追肥次數，淺層沖積土約 7-10 次，其餘區域約 5-8 次。

引用文獻

蔡永暭。2000。施氮對芋植株生長及乾物生產分配之影響。高雄區農業改良場研究彙報。11(2):22-36。

陳烈夫。1996。水芋收穫指數與乾物生產分配之關係。中華農業研究 45(2): 174-185。

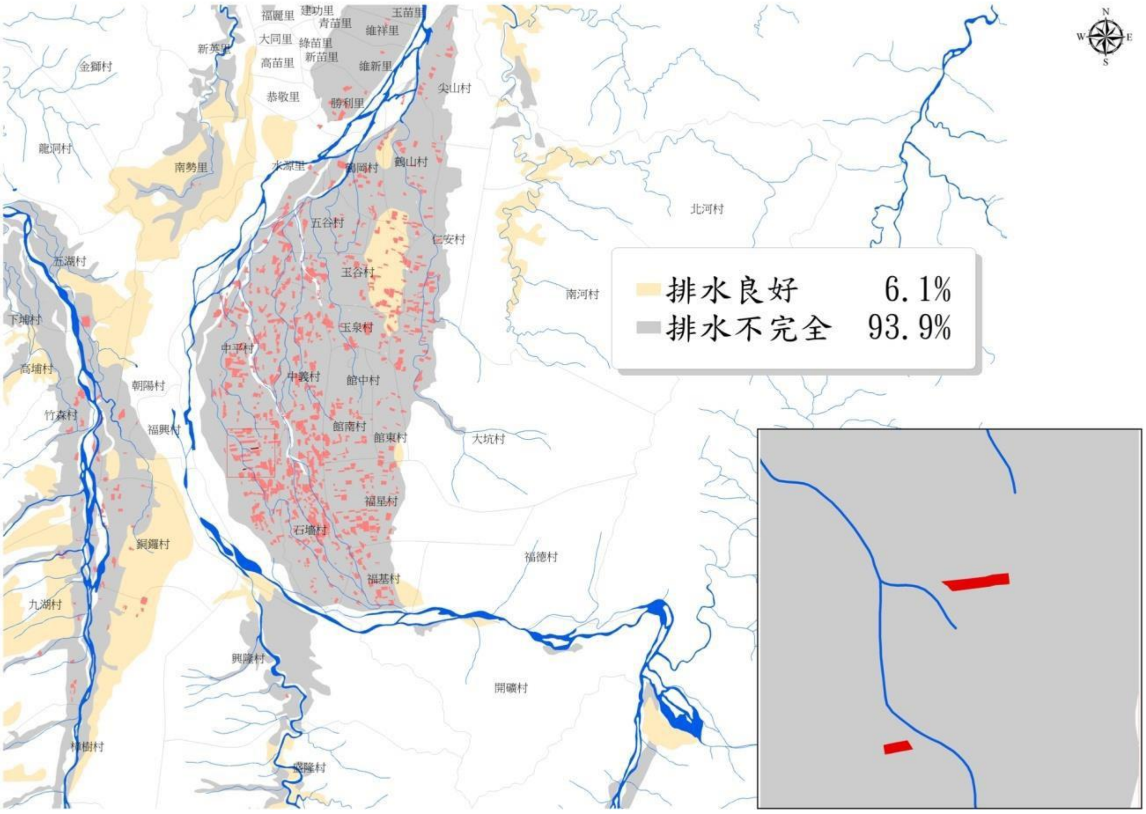
郭鴻裕。2015。苗栗地區 6 種土地覆蓋作物與土壤各屬性網格圖資 TWD97。農業試驗所農業化學組。

Ashokan, P.K., and V, Nair. 1984. Response of taro (colocasia esvulenta (L.) Schott). To nitrogen and potassium. J. Root Crops 10: 59-63.

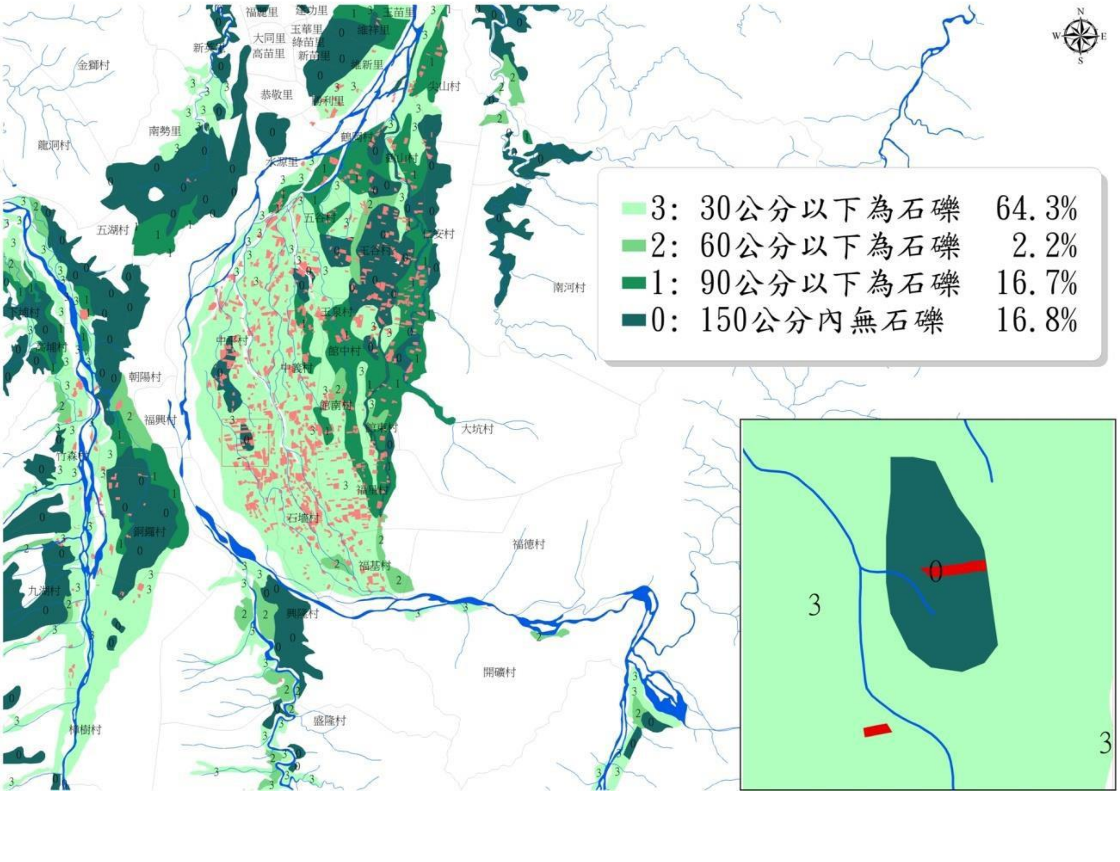
De la Pena, R.S. and D.L. Plucknett. 1972. Effect of nitrogen fertilization on the growth, composition, and yield of upland and lowland taro (colocasia esculenta). Expl. Agric. 8:187-194.

Mohankumar, C.R., N. Sadanandan, and P.Saraswathy. 1990. Effect of levels of NPK and time of application of N and K on the yield of taro (colocasia esculenta (L.) Schott). J. Root Crops 16: 33-38.

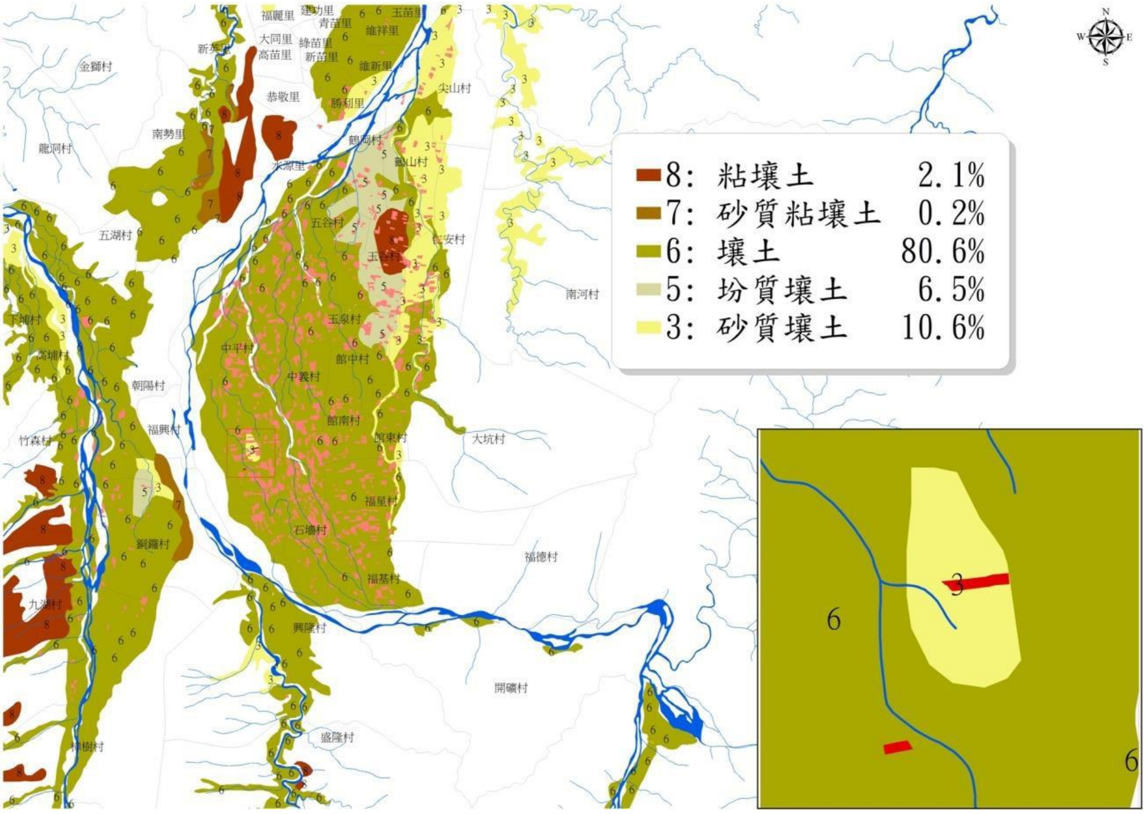
Osorio, N.W., X. Shuai, S. Miyasaka, B. Wang, R. L. Shirey, and W.J. Wigmore. 2003. Nitrogen level and form affect taro growth and nutrition. HortScience. 38(1):36-40.



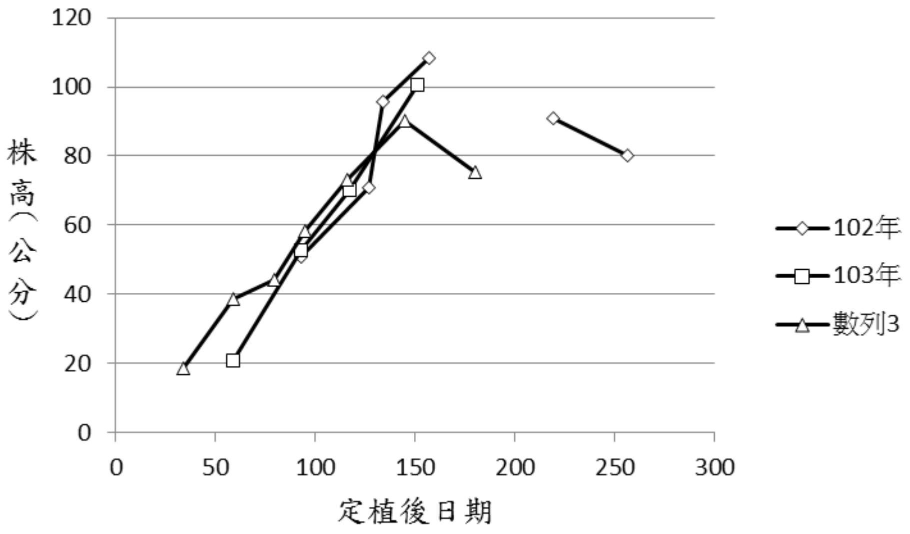
圖一、2014 年苗栗水芋栽培區排水等級，方框內為試驗田區。



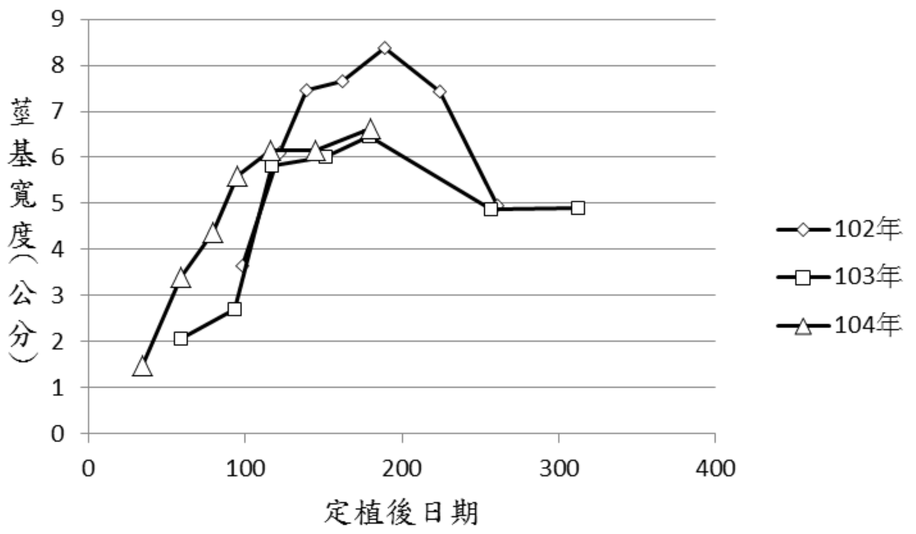
圖二、2014 年苗栗水芋栽培區土層深度，方框內為試驗田區。



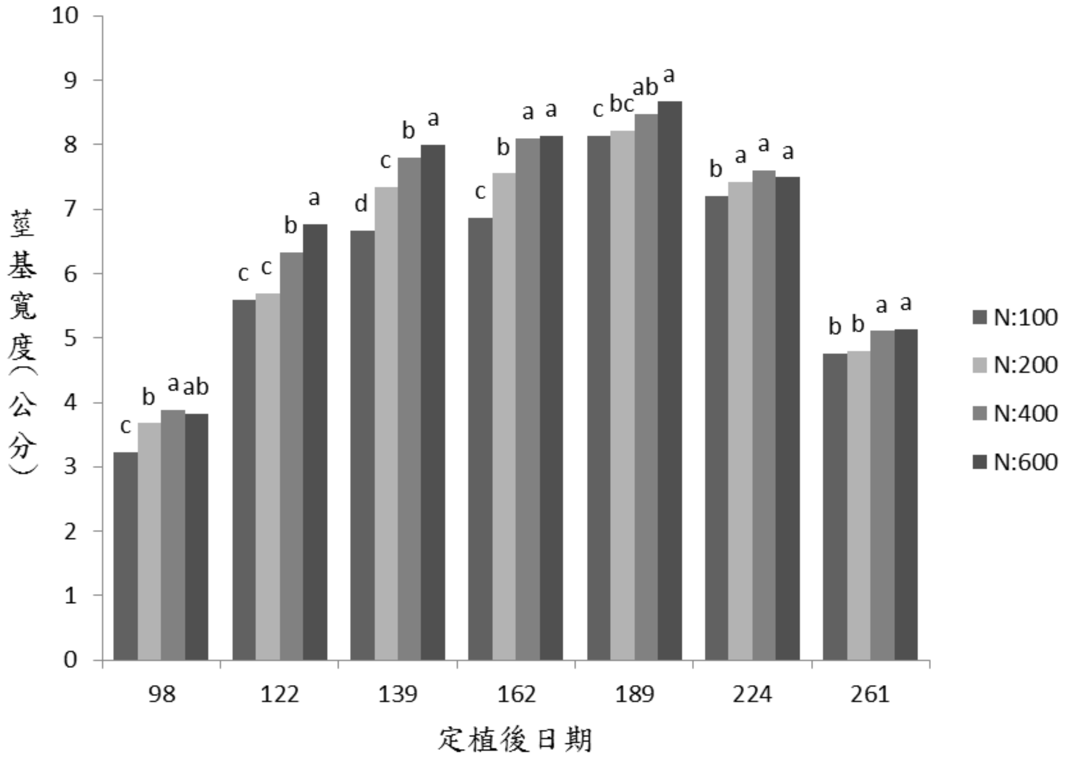
圖三、2014 年苗栗水芋栽培區表土質地，方框內為試驗田區。



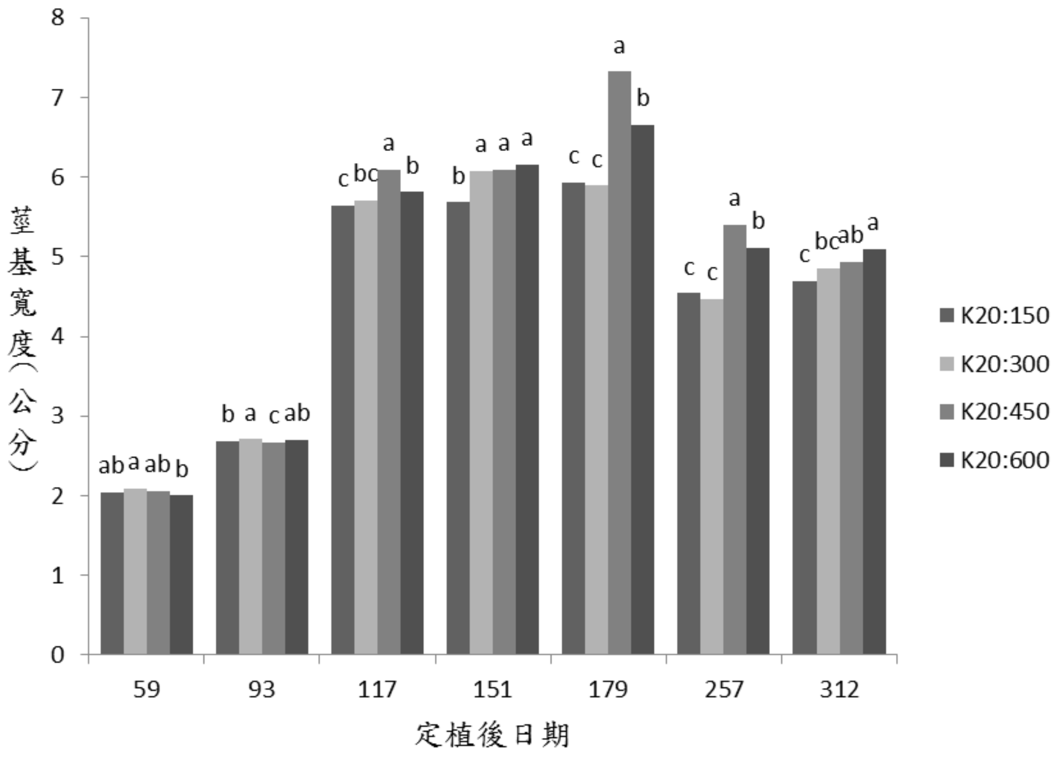
圖四、水芋株高隨時間變化。



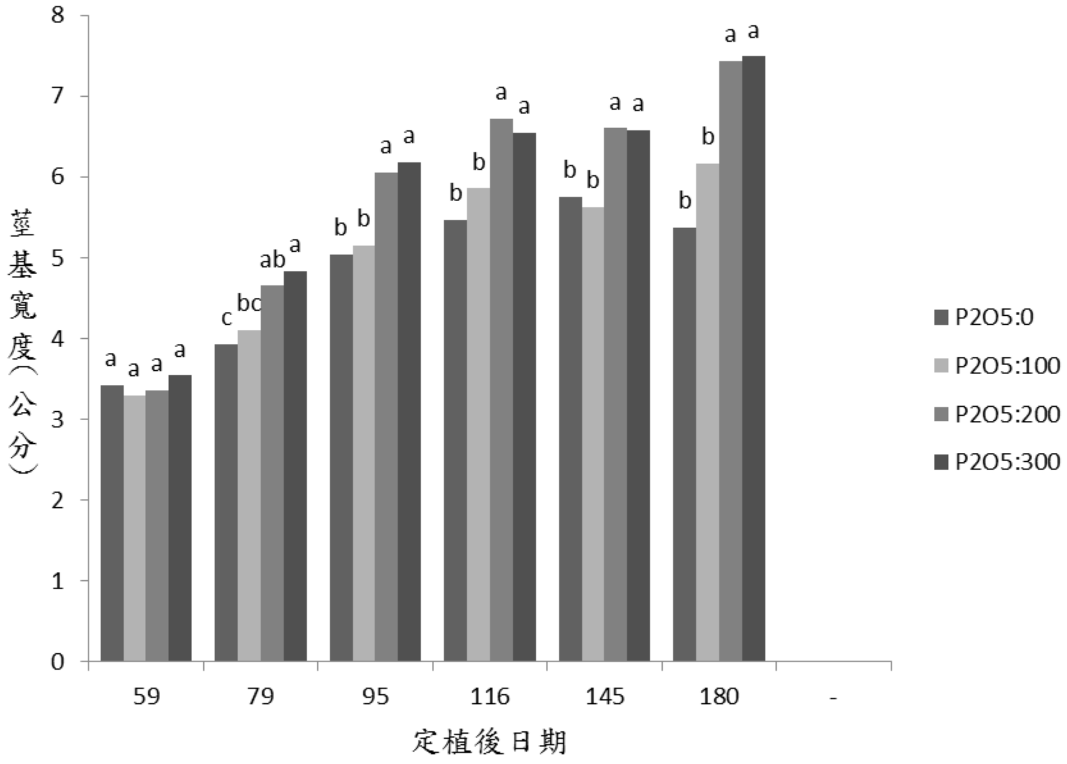
圖五、水芋莖基寬度隨時間變化。



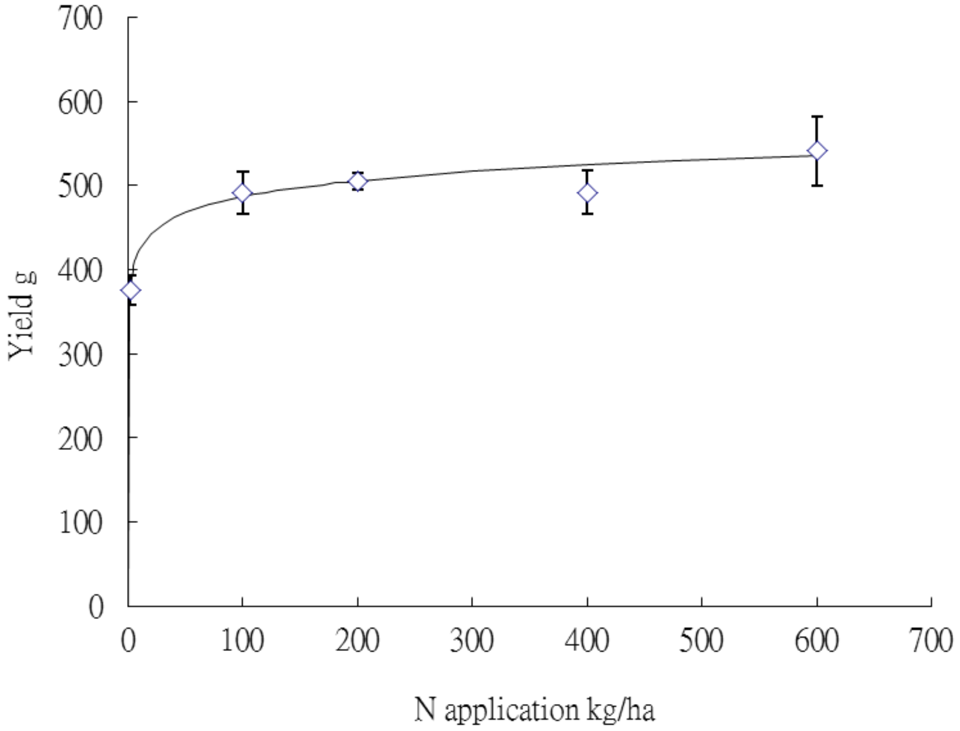
圖六、氮用量對莖基寬度的影響。



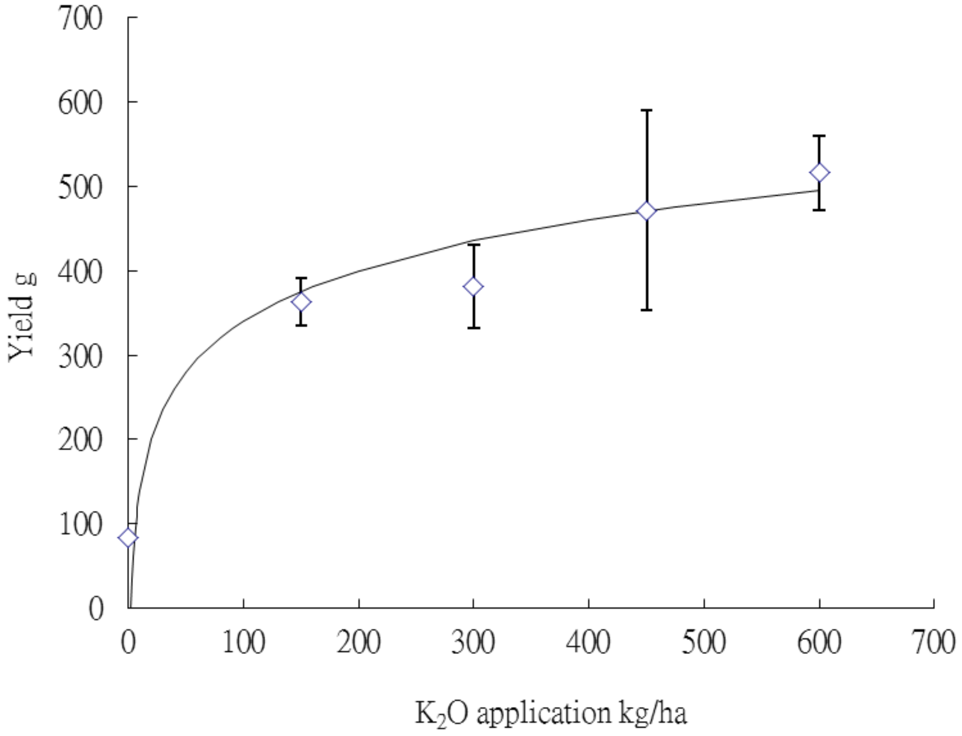
圖七、氧化鉀用量對莖基寬度的影響。



圖八、磷酐用量對莖基寬度的影響。



圖九、水芋氮素施用量與球莖重量。



圖十、水芋氧化鉀施用量與球莖重量。

臺中區重要經濟果樹營養診斷技術回顧與展望

The retrospect and prospect of plant nutritional diagnosis technology for orchard in Taichung district

郭雅紋[1,*]、賴文龍[1]

[1] 行政院農業委員會臺中區農業改良場

*E-mail: kuoyw@tdais.gov.tw

摘　要

本文就臺中區農業改良場轄區(中、彰、投)重要經濟果樹柑桔和甜柿之營養診斷技術研究成果進行文獻回顧，提供施肥管理應用參考。營養診斷的原理為葉片養分濃度和土壤肥力與作物產量和農產品品質表現間有特定的關係存在，可據此調整作物營養。選擇最能反映植株營養狀況且與果實產量或品質相關性佳之葉片是營養診斷的前提，對柑桔而言，5-6 個月月齡春梢非結果枝第 3 或第 4 葉片為採樣分析位置；以 8、9 月為甜柿葉片採樣適合時期，採約 5 個月月齡非結果枝梢頂端第 5 葉片進行分析。分析結果之判釋有賴建立可靠之營養要素適宜(標準)值，藉由葉片營養診斷技術應用和肥培改進計畫等廣泛的果園調查或施肥量試驗結果可逐次校準修正得之。綜合考量葉片分析結果、土壤肥力現況、樹齡、栽培密度與結果量等可落實果樹合理化施肥。

關鍵詞：營養診斷技術、葉片分析、柑桔、甜柿、採樣

前　　言

農業栽培上合理且有效的施肥，必須先瞭解作物的營養狀態，營養診斷是陳述作物和土壤目前之營養和肥力狀態，是調整作物營養的必要條件。營養診斷有許多方法，可分為外觀目視診斷法和化學診斷法，目的是為決定施何種肥料，施多少量，才能在施肥時期與肥料種類上做到合理化施肥。多年生、深根性果樹因土壤樣本採取不易，變異大，較不易反映樹體營養狀態，但非意謂土壤分析毫無意義，正確的土壤肥力分析結果，可以為樹體營養的平衡或失調提供參考，並幫助找到要素缺乏的真正原因。利用葉片分析輔以變異性較小的土壤肥力性質，加上詳實的施肥紀錄，可以檢討施肥措施是否合理，是在土壤分析基礎上，加上葉片營養診斷，從而實現精準施肥。本文係就臺中區農業改良場轄區(中、彰、投)重要經濟果樹柑桔和甜柿之營養診斷技術研究成果進行文獻回顧，提供施肥管理應用參考。

營養診斷原理和研究成果回顧 利用葉片分析和土壤肥力分析進行營養診斷的原

理為葉片養分濃度和土壤肥

力與作物產量和農產品品質表現間有特定的關係存在，當養分供應及植體中要素濃度適當時，作物表現佳；要素缺乏或過多時，作物生長受阻，收量和品質低下。作物生長良好，產量最高時，植體中要素濃度和土壤肥力稱之為標準值，可由大量的田間試驗找尋最適要素濃度，因此可在其他條件固定下進行試驗，將要素濃度對產量和品質作圖，配合合適的函數，再依據方程式算出標準值。

土壤及植體分析營養診斷之步驟包括田間採樣、化學分析、分析結果判釋及施肥推薦等。採取具代表性樣品是營養診斷的前提，而樣品是否具代表性取決於其採樣方法。以果樹而言，植體營養診斷常以葉片為樣品，因葉片為光合作用之器官，較能反映植株營養狀況。對葉片養分狀況的闡釋需要注意其他影響因子，如葉齡、葉位、著生方位(東、西、南、北向)、著果與否、採樣時期、分析部位(如全葉、葉身、葉柄等)及氣候條件等，必須選擇最能反映植株營養狀況且與果實產量或品質相關性佳之葉片；另為應用於農業生產實務，其採樣之葉片必須容易認定。

探討果樹葉片各要素濃度在不同葉齡、葉位、著果與否及採樣時期之變化可確立採樣方法。三要素(氮、磷、鉀)的含量，一般以展葉後為最多，其後則漸減，其著果對於葉成分有顯著之影響，尤以果實肥大期葉中鉀濃度明顯降低，著果較不著果時，葉鉀含量約減少 10-20%；就季節觀之，一般以生長初期之萌芽期或開花期含量最多，生長則含量漸減(何，1963)。柑桔葉片分析採樣技術之研究，開始於農業試驗所邱再發先生，以椪柑為試驗材料，初始探討同一枝梢不同葉位及採樣時期等對葉片養分濃度影響，後比較結果枝和非結果枝葉片要素濃度差異。接續由張淑賢等人(1985-1987)以椪柑當年生春梢不結果枝第 3 和第 4 葉片為採樣分析位置，其中葉片三要素濃度經時變化與何氏所述相同，隨葉齡增加而降低，次

量要素鎂也具相同變化曲線；而鈣、鐵、錳濃度則隨葉齡增加而增加，以 8-9 月間(葉齡 5-6 個月)比較穩定，因此確立柑桔採樣時期。另結果顯示，結果枝葉片要素濃度一般均低於不結果枝，且隨葉齡其濃度變化大；又同年生春梢枝條若其上有新梢生長將影響葉片要素濃度，故採樣以當年生春梢非結果枝不長新梢為宜。甜柿營養診斷技術過去未有此方面研究，始於 2000-2001 年由臺中區農業改良場賴文龍先生開發，在中部甜柿栽培地區調查品質及產量俱佳之土壤及植體養分含量情形，做為營養診斷之依據，以為尋求適合之肥培管理方法。甜柿葉氮、鉀、鎂和銅濃度隨枝梢生長成熟而降低，葉磷、鈣、錳、鋅及鐵濃度隨枝梢生長而增加。經以肥料試驗區甜柿葉片各要素濃度經時變化和葉位及著果與否之相關分析顯示，結果枝和非結果枝之第 5 片葉子均達顯著性差異，因此建議臺灣甜柿採樣時期訂於 8-9 月，採非結果枝梢頂端第 5 葉片(5 個月葉齡)進行。

分析結果之判釋立基於可靠之營養要素適宜(標準)值資料庫，藉由葉片營養診斷技術應用和肥培改進計畫等廣泛的果園調查或施肥量試驗結果可逐次校準修正得之，惟調查數須多才可建立可靠的常態分布曲線，據以訂定適宜值。現行柑桔葉片各種要素之適宜濃度範圍(表 1)是由張氏等人就臺灣栽培面積最廣之椪柑及柳橙等品種進一步以田間試驗加以校準得之，但田間試驗往往變異很大，原因為進行試驗時，其他要素含量未必是在適量範圍，元素間存有交互作用。表 1 係修正邱氏就新埔、東勢、梅山正常椪柑果園葉片要素濃度和參酌國內外資料所提出之適宜濃度範圍。表 2 為賴氏根據 2000-2001 年 8 月下旬甜柿果園營養調查資料和日本、紐西蘭研究成果所提出之要素適宜濃度範圍。

表 1. 柑桔葉片各種要素之適宜濃度範圍

要素	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	------------------- % -------------------					---------------- $mgkg^{-1}$ ----------------				
椪、桶柑	3.0-3.2	0.12-0.18	1.4-1.7	2.5-4.5	0.27-0.50	60-120	25-200	5-16	25-100	25-150
柳橙	2.9-3.1									

表 2. 甜柿葉片各種要素之適宜濃度範圍

要素	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	------------------- % -------------------					------------- $mgkg^{-1}$ -------------			
甜柿	2.19-2.67	0.12-0.16	2.50-3.76	1.08-1.58	0.42-0.56	54-100	1,586-3,672	6-10	49-89

外觀目視診斷法

外觀目視診斷法亦是調整作物營養的參考，只能說明作物生長不良的原因，而缺少預測的能力，常常在作物出現徵狀時已來不及補救。植物所需養分的適時

供給是確保植株正常生長的條件，不僅各元素在土壤的存在型態要能為植物利用，且各元素間應有適當的比例。當植物缺乏必要要素時，其無法完成生命周期；又由於各元素在植物體內都不能代替其作用，因此，常會有特定之徵狀出現，其徵狀是不會傳染的，在田間發生時，分布面積較大，也較均勻。徵狀出現的位置主要取決於所缺乏要素在植物體內移動性，氮、磷、鉀、鎂等元素在植體內有較大的移動性，可由老葉向新葉移轉，因而這類要素的缺乏徵狀都發生在植物的成熟葉片上；反之，鐵、鈣、硼、鋅、銅等元素在植物體內不易移動，這類元素的缺乏首見於新生芽、葉(見圖 1. 作物營養障礙檢索)。當在田間觀察到較大面積的生長異常植株時，應根據徵狀和田間分布情形，結合環境條件變化進行綜合判釋，特別在樹體表現出非典型徵狀時，進一步由土壤分析和植體分析鑑定。

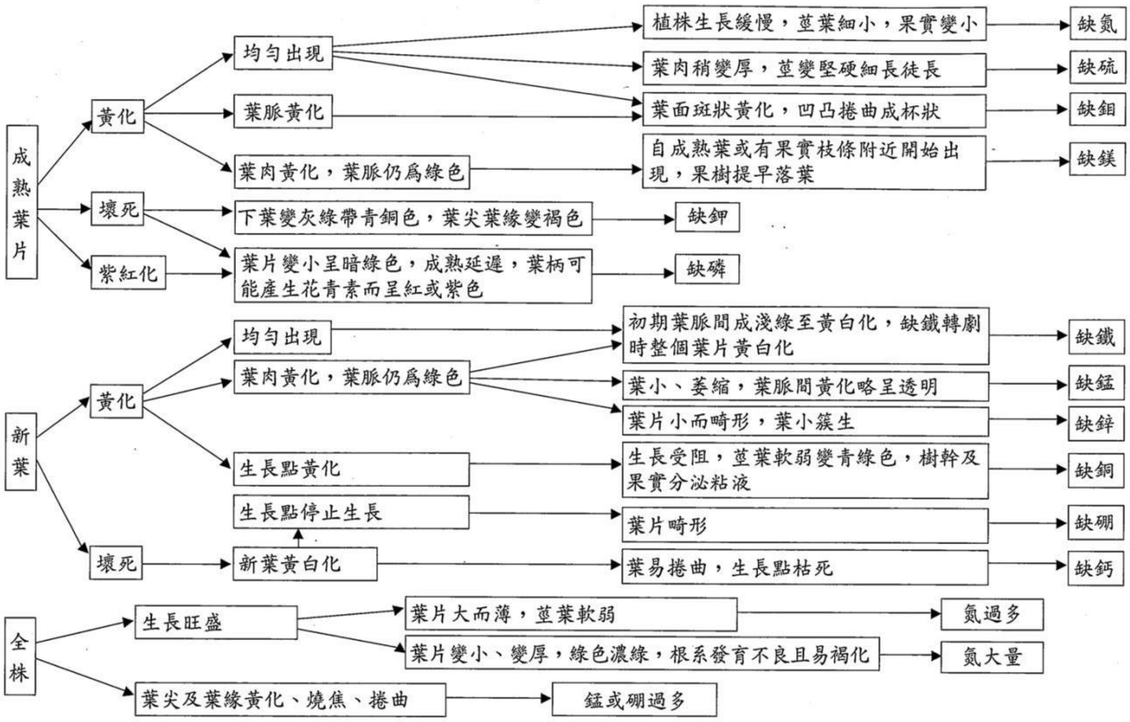


圖 1. 作物營養障礙檢索

結　　語

土壤與植體分析營養診斷技術確為果樹需肥診斷的方法，面對氣候變遷和施肥習慣的變化，未來可就農產品品質和非典型徵狀進一步與經校準過之標準濃度範圍相互比對，提出改善措施，並持續累積調查數建立可靠的常態分布曲線，校準葉片各種要素之適宜濃度範圍。

參考文獻

1. 邱再發。1976。柑橘、梨及蘋果葉片營養診斷之研究。中華農業研究。25(3):214-225。
2. 邱再發、張淑賢。1983。柑橘缺硼症之診斷與防治方法之研究。中華農業研究。32(2):161-171。
3. 張淑賢、黃維廷、連深。1987。柑橘經濟高品質肥培管理示範及葉片營養診斷標準之研究。75 年度土壤肥料試驗報告。臺灣省政府農林廳編印。
4. 連深、張淑賢、黃維廷、吳婉麗。1989。柑桔營養診斷之基礎及應用之現況。臺灣省農業試驗所特刊第 28 號「果園作物營養診斷應用研習會專輯」。P.1-26。杜金池、連深主編。臺灣省農業試驗所及中華民國土壤肥料學會編印。
5. 廖玉華、林正鈁、陳仁炫、楊秋忠。2002。土壤與肥料資訊系統之建立。土壤與環境。5:1-12。
6. 賴文龍。2002。甜柿肥培管理之研究。國立中興大學土壤環境科學系碩士學位論文。

蓮霧合理化施肥與草生栽培

Effects of Appropriate Fertilization and Vegetative Weed on the Soil Properties and quality of Waxapple

林永鴻 [1*]

[1] 政院農業委員會高雄區農業改良場

*E-mail：jack55@mail.kdais.gov.tw

摘　　要

高屏地區為臺灣蓮霧的主要產區，蓮霧的果實品質及產量與合理化施肥有密不可分的關係，本試驗分別於屏東縣東港鎮、枋寮鄉、南州鄉、高樹鄉等蓮霧重要產地，進行合理化施肥示範點之設置，每個示範點均區分為合理化施肥區及農民慣行施肥區，合理化施肥區乃經由土壤速測後推薦施肥，並與農民慣行施肥區之果實品質與產量進行比較。結果顯示，各示範點之合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 9.2-29.0%，施肥成本每公頃節省 3,291-12,150 元，總產值粗收益則每公頃可增加 35,291-53,846 元，顯示蓮霧經營養診斷推薦施肥後，不但可節省施肥量，且提升果實品質與產量，進而增加收益。另外，果園草生栽培為果樹健康管理重要的一環，草生栽培對土壤性質的改善應具正面效應，並可營造優良的環境生產健康優質的蓮霧，本試驗乃選擇具優良特性之兩種草類栽植於蓮霧園，並設置對照區 (清耕栽培)，評估對土壤性質及果實品質的影響，結果顯示，果園經兩個月後，兩種草生栽培區之土壤性質(土壤總體密度及孔隙度之改善、養分含量等)均優於清耕栽培區，採收期蓮霧平均單果重以紅葉滿天星區表現較佳，果實總可溶性固形物的提升及裂果率的降低則以黃花蜜菜區最低，顯示草生栽培對果實品質的提升具正面功效。

關鍵詞：蓮霧、合理化施肥、草生栽培、土壤性質、果實品質

前　言

高、屏地區蓮霧栽植面積為全省之冠 (達 90%以上)，近十多年來談起「黑珍珠」、「黑鑽石」等高品質蓮霧無人不知曉，同時也成為市場上最具競爭力的水果之一，然而蓮霧的生長發育、糖度、色澤、甚至落果、裂果等受到氣候因子(溫度、日照及雨量等)、栽培管理(枝條修剪、疏花及疏果等)以及不同養分之供給影響甚巨，加上產期集中，致盛產時價格低落，農民為在市場上爭得一席之地，生產高品質的果實便成了栽培之重要目標，在追求高品質蓮霧的方法之中，良好的土壤管理及施肥為重要的一環，因此為生產高品質蓮霧，配合營養診斷來進行合理的施肥是相當重要的，蓮霧不論要素過多或缺乏均會有症狀產生，本文擬先探討蓮霧經營養診斷進行合理化施肥後，對土壤性質、果實品質、施肥量及施肥成本節省情形，以及對總產值粗收益的影響。

另外，蓮霧的栽培管理，常透過適度的修剪讓樹體具良好的通風及採光效果，而新梢及葉片的形成，則需依賴充分的灌溉及適時施用肥料，這些動作雖然都是優良果園管理的必備條件，卻同時也給了雜草一個適合生長的環境 (林，2012)。過去，果園中的雜草往往給人負面的印象，例如與果樹競爭養分及水分、成為病蟲寄主及鼠蛇窩藏場所、管理及耕作不易等缺點 (羅等，2002; 袁，2004)，因此多數農民對於果園的雜草多積極防除 (亦即清耕栽培)，雖然清耕栽培方式具有不需常除草、沒有草類與主作物競爭水分與養分，以及較不會成為病蟲寄主、不易窩藏鼠蛇等優點，著溫度及水分變化大、有機質含量較不易提昇，以及無法美化生態及培養天敵等缺點(袁及蔣，2002)。事實上，果園中的雜草並不是都沒有用處，如果能夠讓果樹與雜草共存共榮，不但可節省很多雜草防除成本，且對環境的美化及生態的保護也是助益良多。

所謂草生栽培，就是在果園的行株間讓雜生草相生長，或者種植非原生草類、綠肥作物等，並進行適當的管理 (蔣，2002)。在乾旱地區或嚴重缺雨的旱季，草類對土壤水分及養分的保存功不可沒，此乃因草類的根群可將水分及養分進行截留 (林及洪，2003)。另外，草根死亡後產生之有機質可促進土壤團粒化，進而營造較大孔隙，增加土壤的排水及通氣性 (林及洪，2003)因此，在豪雨過後，除了草類本身調節體內機制使蒸散速率加快外，土壤中水分的滲漏速率也會增加，方不致使果樹的根部因長期浸水而衰敗。另外，草生栽培對維持土壤良好的物理性質事實上是有其功效的，因為草類不但可避免降雨直接打擊土壤造成土壤的流失外，其根系生長過程中，更可因整體性突破土層的結果帶來了多量與較大的孔隙，可提昇土壤的排水及通氣性。果園草生栽培後，會有草類與果樹競爭土壤養分的問題，林及洪 (2003)曾在蓮霧園以百慕達草進行草生栽培試驗，結果顯示果園平均每株一年為草類爭奪之氮素、磷酐及氧化鉀量分別約 0.4、0.8 及 1.0 公斤，此量是相當可觀的，雖然草類會與果樹爭奪養分，但從另一角度來看，草類卻幫助截留養分，使養分不易流失，例如硝酸態氮、鉀、鈣、鎂等易隨水淋失之元素，同時可將向下淋洗之養分整體往上帶動，回歸土壤表層，增加肥料利用率 (林，2012)。林(2013)曾以五種草類在棗園種植，結果顯示對土壤性質及果實品質的提升均有正面效應。

本試驗擬選擇一般土壤性質之蓮霧園，以兩種草類種植於果園，觀察評估草生栽培對土壤性質改良、果實品質的影響，做為爾後推動蓮霧園草生栽培的參考。

材料與方法

一、高屏地區蓮霧重要產區合理化施肥示範點之建置 分別於高屏地區重要蓮霧產區，屏東縣東港鎮、南州鄉、林邊鄉及屏東縣高樹鄉等地，進行合理化施肥示範點的建置，實施方法乃利用土壤速測結果推薦施肥，並與農民慣行施肥進行比較。試驗前先採取土壤進行理化性質分析，同時調查該示範點農民整年度施肥量及施肥情形，依土壤分析結果調整施肥量，於結果期調查合理化施肥區及農民慣行區之果實品質(果長、果寬、果重、糖度等)，並與農民慣行施肥區之果實品質進行比較，另外，調查合理化施肥區肥料節省量及施肥成本節省情形，以及對總產值粗收益的影響。

二、蓮霧園草生栽培試驗

(一)試驗材料與試驗方法

試驗地點位於屏東縣長治鄉蓮霧園，經評估。蓮霧與紅葉滿天星(*Alternanthera philoxeroidex* Mart.)、黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis* Merr.)兩種草種間並無交互病蟲害感染之疑慮，且耐鹽性、耐陰性、耐旱性及覆蓋率高，因此設置紅葉滿天星區、黃花蜜菜區，並設置清耕栽培區為對照區。每處理四棵，每棵為一重覆。植被覆蓋前，發現果園惡性雜草多為禾本科草類，利用 17.5%伏寄普乳劑經適當稀釋後進行禾本科雜草防治，兩種草種經種植後三個月，已達完整覆蓋率。定期調查土壤酸鹼度、電導度、營養要素含量、總體密度、含水量等性質，結果期則調查果實品質 (糖度、果寬、果長、果重)。

(二)土壤前處理及分析

土壤樣品取回後，經風乾、研磨，通過 2mm 篩子後裝罐備用。土壤分析方法如下:

(1)pH 值 (Mclean,1982):水土比 1:1，以 pH meter 測定。

(2)有機質含量 (Nelson and Sommer,1982):以 Walkley Black 溼式氧化法測定。

(3)鈣、鎂及鉀 (Baker and Suhr,1982): 以 Mehlich's No.3 法抽取土壤中之鈣、鎂及鉀後以感應耦合電漿儀測定含量。

(4)磷 (Murphy and Riley,1962):鉬藍法(Bray No.1)測定。

(5)鐵、錳、銅及鋅 (Baker and Suhr,1982):以 0.1N HCl 萃取土壤中微量元素之鐵、錳、銅及鋅後，以感應耦合電漿儀測定含量。

(6)土壤總體密度及孔隙度:以土柱進行土壤採樣，採回後稱重，接著將土壤置入 105 ^{o}C 烘箱中烘乾 24 小時，利用烘乾前後重量計算總體密度；至於孔隙率＝〔1－(容重/比重)〕×100%。

(7)土壤含水率:將各處理區土壤取回後，進行稱重，接著將土壤置入烘箱中以 105 ^{o}C 進行烘乾 24 小時，然後進行稱重，利用烘乾前後之重量進行水分含量計算。

(三)果實品質及產量調查

於果實成熟期(預計於 102 年 12 月中至下旬)每棵逢機採取 40 個果實進行果重、果寬、果長調查；每一株之果實並進行裂果率調查；產量調查為每次採收時進行稱重。

結果與討論

一、高屏地區蓮霧重要產區合理化施肥執行成果 分別於高屏地區重要蓮霧產區，如屏東縣佳冬鄉、南州鄉、東港鎮、高樹鄉

等鄉鎮，進行合理化施肥示範點的建置，實施方法乃利用土壤速測結果推薦施肥與農民慣行施肥進行比較。以下列舉幾個示範點之執行情形進行描述： (一)屏東縣佳冬鄉示範點執行成果如下，蓮霧利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。農民施肥量為 $N:P_2O_5:K_2O$=426:350:425 kg/ha，合理化施肥區則為 $N:P_2O_5:K_2O$=340:350:400 kg/ha，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 111 公斤/公頃(9.2%)，成本節省 3291 元/公頃，總產值粗收益每公頃增加 35,291 元。合理化施肥區果重較農民慣行施肥區重約 20 公克，果實糖度則較農民慣行施肥區高約 0.3 ^{o}Brix。

(二)屏東縣南州鄉示範點執行成果如下，蓮霧利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。農民施肥量為 N:P2O5:K2O=350:500:600 kg/ha，合理化施肥區則為 N:P2O5:K2O=340:350:400 kg/ha，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 360 公斤/公頃(24.8%)，成本節省 9660 元/公頃，總產值粗收益每公頃增加 49,660 元。合理化施肥區果重較農民慣行施肥區重約 15 公克，果實糖度則較農民慣行施肥區高約 0.2 ^{o}Brix。

(三)屏東縣東港鎮示範點執行成果如下，蓮霧利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。農民施肥量為 N:P2O5:K2O=378:187:270 kg/ha，合理化施肥區則為 N:P2O5:K2O=336:151:210 kg/ha，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 138 公斤/公頃(16.5%)，成本節省 3846 元/公頃，總產值粗收益每公頃增加 56,846 元。合理化施肥區果重較農民慣行施肥區重約 10 公克，果實糖度則較農民慣行施肥區高約 0.3 ^{o}Brix。

四、屏東縣高樹鄉示範點執行成果如下，蓮霧利用營養診斷進行施肥推薦，以維護土壤環境及降低施肥成本。農民施肥量為 N:P2O5:K2O=400:500:650 kg/ha，合理化施肥區則為 N:P2O5:K2O=350:350:400 kg/ha，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 450 公斤/公頃(29%)，成本節省 12,150 元/公頃，總產值粗收益每公頃增加 32,150 元。合理化施肥區果重較農民慣行施肥區重約 8 公克，果實糖度則較農民慣行施肥區高約 0.2 ^{o}Brix。

五、各示範區執行之成果效益 (表 5)顯示，合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 9.2-29 %，成本施肥節省約 3,291-12,150 元。總產值粗收益每公頃增加 32,150-53,846 元。顯示每個示範點經營養診斷推薦施肥後，不但可減少施肥量，且果實品質、產量及收益均有提昇情形。

二、蓮霧園草生栽培試驗

102 年 5 月於屏東縣東港鎮先行種植紅葉滿天星，並以清耕栽培區為對照區。蓮霧一般種植在砂質壤土的施肥量如表 2 所示，因三個試區之蓮霧樹齡不同，故施 肥量、不同時期施肥分配率設置如表 2-表 4，施肥方法簡述如下，有機肥於催花成

功後，施用於樹冠邊緣內 30-60 公分處，用耕耘機將堆肥犁入土內，充分與土壤攪 拌混合，其他肥料施用可沿樹冠周圍撒施。蓮霧催花成功後，花梗開始分粒，花 朵色澤不翠綠時，可由葉面噴施 0.2%之尿素溶液，以利於花梗及花朵色澤轉綠。 不過因草生栽培果園第一年所需肥料量大致為清耕栽培果園的 50%左右，因為除了 供應予果樹所需肥份外，尚需培養草類；另外，基肥期開條溝施用有機肥 25 公斤

/棵。表 5 顯示，草類種植後兩個月後，草生栽培區酸鹼度提升了 0.39，清耕栽培區

僅提升 0.2；草生栽培區有機質含量較種植前提升了 0.85%，清耕栽培區則僅提升

0.02%，顯見草生栽培對土地增值稅有機質之提升有所助益，並可能透過有機質的提升而改善土壤性質，至於土壤中各中營養要素以鈣、鎂的含量以草生區較清耕栽培區高，因鈣、鎂屬於鹼性元素，因此草生栽培區可能透過對鈣及鎂的截留而延緩了土壤酸化速度，並且因草生區土壤離子流失速度慢，導致電導度測值較清耕栽培區高，另外在土壤物理性質方面，不論總體密度、孔隙度及土壤含水量的表現均以草生栽培區優於清耕栽培區，由此可知，透過草生栽培，的確對土壤理化性質的改善助益良多。

102 年 8 月開始，先以人工防除惡性雜草後，選擇黃花蜜菜及紅葉滿天星進行 單一草種草生栽培，於果樹間以行株距 30 公分及 20 公分種植。草相尚未達完整覆 蓋率前以人工拔出惡性雜草(香附子、牛筋草等)。每天保持土壤溼潤，以利草 苗發根。每月進行土壤性質調查，結果期調查果實品質。結果顯示，土壤孔隙度、

有機質含量及水分含量於草類種植後的表現均較清耕栽培區佳；至於蓮霧平均單果重以紅葉滿天星區表現較佳(112.5 克)；地表清耕栽培次之(111.6 克)；黃花蜜菜區表現較差 (109.4 克)。可溶性固形物以黃花蜜菜最高(11.4 ^{o}Brix)，紅葉滿天星次之(11.1 ^{o}Brix)，清耕栽培最低(10.8 ^{o}Brix)。四月份果實裂果率以黃花蜜菜區最低(9.5%)，紅葉滿天星區次之(10.6%)，清耕栽培最高(11.8%)。顯示經兩種草類栽培後，對土壤性質改良及蓮霧果實品質提升有所助益。

結　　論

蓮霧為臺灣重要的經濟果樹之一，其栽植地區大多集中於高屏地區，由於過去化學肥料採低價政策，導致果農施用過量化學肥料而破壞環境，近期肥料價格高漲的情形下，若農友持續過量施用化學肥料，更可能使栽種成本提高，甚至造成果實品質低落，因此果園實應持續進行合理化施肥。於高屏地區諸多蓮霧重要產地之示範點執行成果顯示，合理化施肥區經營養診斷推薦施肥後，均較農民慣行施肥區的施肥量明顯下降情形，且果實品質及產量提昇，致收益提高，顯見經合理化施肥後，的確對蓮霧的生產有正面的效益。「斬草不除根，春風吹又生」，在果園的各種管理事項中，雜草的防除往往是農民感到最頭痛的一項工作。過去果園中的雜草往往給人負面的印象，然而，既然無法根除，何不好好正視它，尋求與其共存之道?果園中的雜草並非只會帶來麻煩，只要找對方法，進行草生栽培，則帶來的好處必定大於其缺點，不過，先決條件仍需透過多方面的評估，選擇該農地適合的草生栽培方式，相信不論對土壤性質的改善、果樹的生產及環境生態的保護，必定多所助益。本試驗證實，倘若蓮霧園選擇優良草類進行草生栽培，對土壤性質改善及果實品質之提升是有助益的。

參考文獻

1. 王德男. 1983. 促進蓮霧提早開花產期調節之研究. II.化學藥劑及耕作處理對蓮霧催花效果之研究. 中華農業研究 32(2):129-138。
2. 王德男. 1987. 蓮霧結果期間使用生長抑制劑對催花效果之影響. 園藝作物產期調節研討會專集(台中區農業改良場特刊第 10 號):P85-90。
3. 王德男. 1988. 植物生長調節劑在蓮霧栽培上之應用. 植物生長調節劑在園藝作物上之應用研討會專集 253~266。
4. 林永鴻。2012。果園草生栽培的好處及注意要點。高雄區農技報導。第 109 期。
5. 林永鴻、蔡永暭。2007。高屏地區果樹肥培管理及土壤改良技術回顧與展望。科學農業 15(1):1-10。
6. 林景和、洪阿田。2003。果園草生栽培。有機農業全球資訊網。(http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=skill-8&Pr eView=1)。
7. 袁秋英、蔣慕琰。2002。果園常見草本植物。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所編印。
8. 袁秋英。2004。果園之雜草管理。雜草學與雜草管理。pp.225-239
9. 賴榮茂、楊耀祥. 1997. 遮光對蓮霧催花之影響. 興大園藝 22(2):1-15。
10. 蔣永正。2002。有機栽培之雜草防治技術。作物有機栽培。p.97-104。行政院農業委員會農業試驗所編印。
12. 羅幹成、蔣慕琰、安寶貞、劉玉章、徐信次、王清玲、錢景秦、吳子淦、袁秋英。2002。 植物保護圖鑑系列-柑橘保護（上冊）：雜草。p. 141-174。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局編印。
13. Agusti, M., A. Martinez-Fuentes, and C. Mesejo. 2002. Citrus fruit quality physiological basis and techniques of improvement. Agrociencia 6:1-16.
14. Baker, D.E., and N.H. Suhr. 1982. Atomic absorption and flame emission spectrometry. In A.L. Page, R.H. Miller and D.R.Keeneys. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Monograph No. 9. 2nd edition. ASA-SSSA, WI. p. 13-26.
15. McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In A.L.Page, R. H. Miller and D. R. Keeneys.(eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Monograph No. 9. 2nd edition.ASA-SSSA, WI. p. 199-224.
16. Murphy, J., and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of posphate in natural waters. Anal.Chem.Acta. 27: 31-36.
17. Nelson, D.W., and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon,and organic matter. In: A.L. Page. Miller and D.R. Keeneys. (eds.) Method of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Monograph No. 9. 2nd edition. ASA-SSSA, WI. p. 383-411.

Effects of Appropriate Fertilization and Vegetative Weed on the Soil Properties and quality of Waxapple

Yong-Hong Lin*
Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station

Abstract

Kaohsiung and Pingtung districts are the main cultivating areas in Taiwan. The influents of quality for waxapple is commonly involved in appropriate fertilization. We established the demonstration orchards from 2009-2012 in Kaohsiung and Pingtung districts. The orchards were seperatively for the area of appropriate fertilization and farmer's fertilization. The results showed that the fertilizers were decreased for 9.2-29.0%, the saving money is 3,291-12,150 dollars, On the other hand, the harvesting money is 35,291-53,846 dollars. The soil properties in the districts of two kind of weed cultivation were excellent than non-weed cultivation. And the harvesting fruit quality were excellent for two districts of weed cultivation than non-weed cultivation.

Key words: Waxapple, Weed cultivation, Soil properties, Quality

*Associate Researcher, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Pingtung, Taiwan.

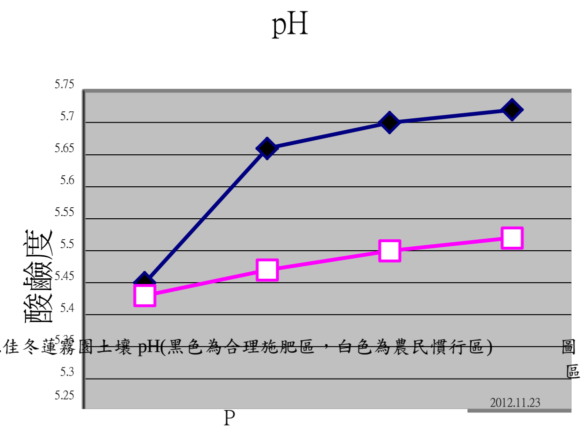


圖 1.佳冬蓮霧園土壤 pH(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

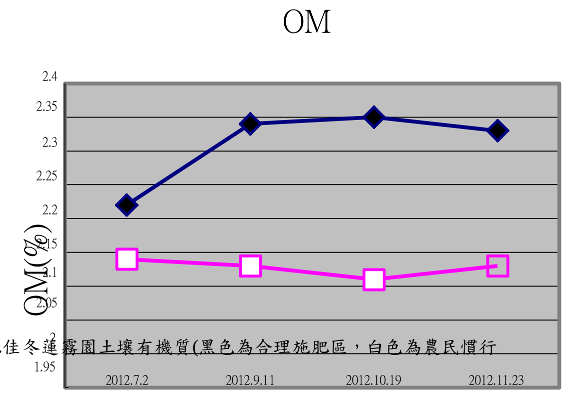


圖 2.佳冬蓮霧園土壤有機質(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

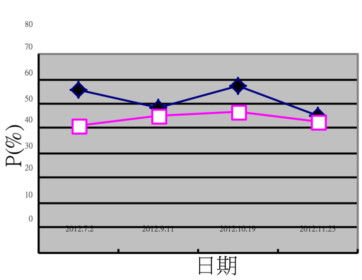


圖 3. 佳冬蓮霧園土壤磷(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

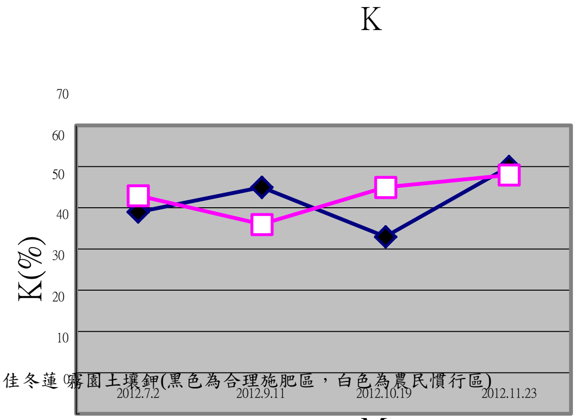


圖 4. 佳冬蓮霧園土壤鉀(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

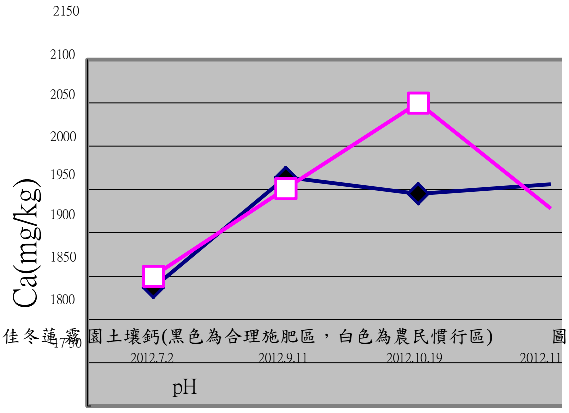


圖 5. 佳冬蓮霧園土壤鈣(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

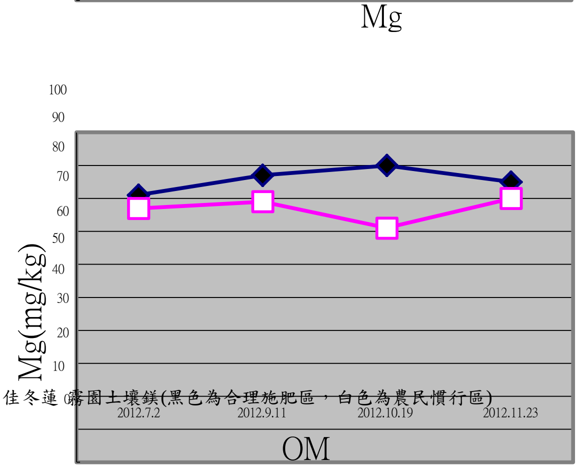


圖 6. 佳冬蓮霧園土壤鎂(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

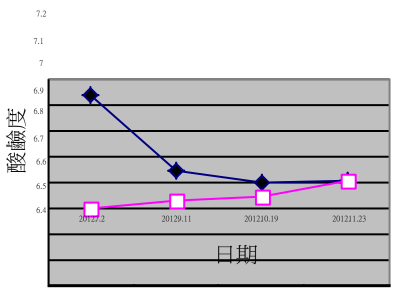


圖 7.南州蓮霧園土壤 pH(黑色為合理施肥區， 白色為農民慣行區)

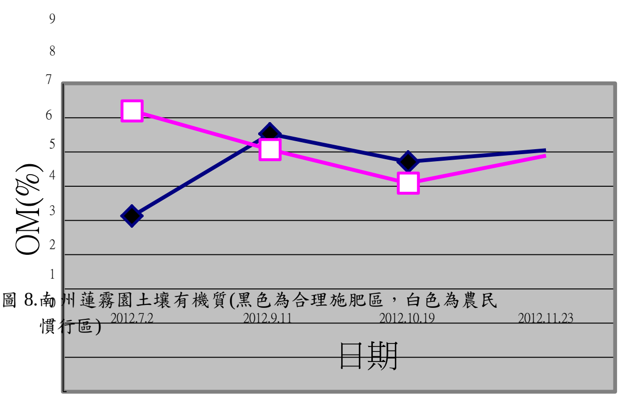
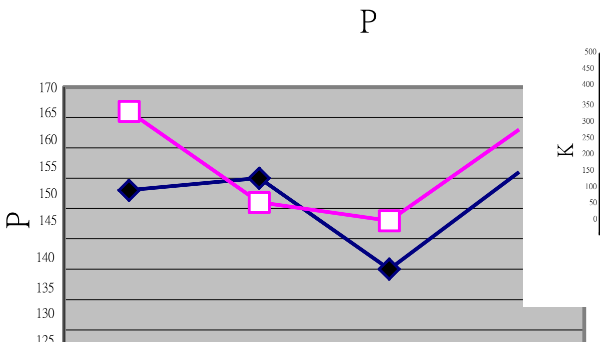


圖 8.南州蓮霧園土壤有機質(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



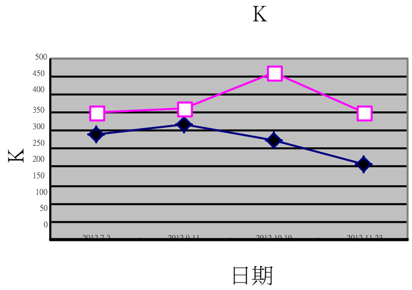
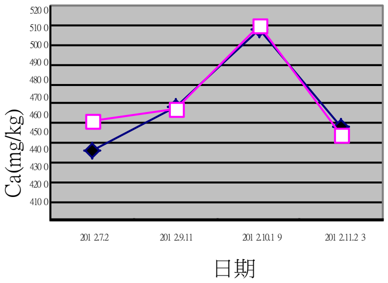


圖 9.南州蓮霧園土壤磷(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

圖 10.南州蓮霧園土壤鉀(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



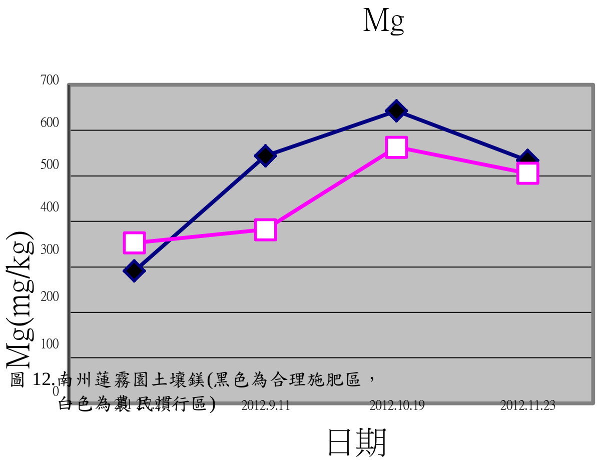
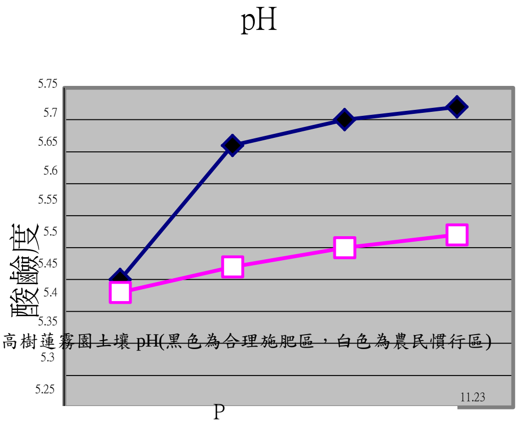


圖 11.南州蓮霧園土壤鈣(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

圖 12.南州蓮霧園土壤鎂(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



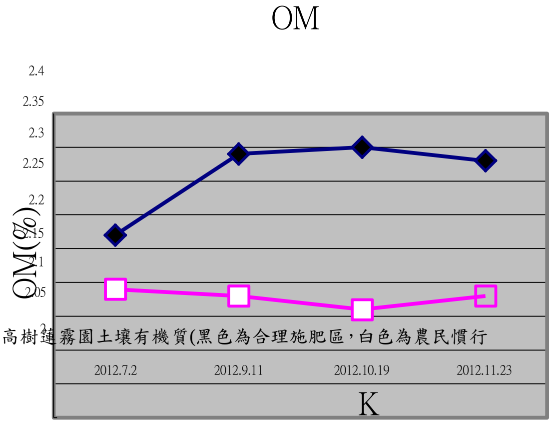
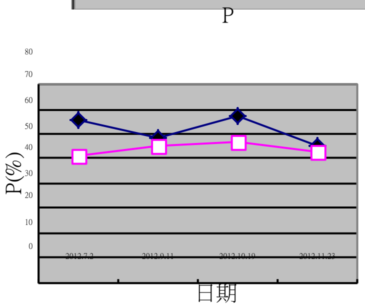


圖 13.高樹蓮霧園土壤 pH(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

圖 14.高樹蓮霧園土壤有機質(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行



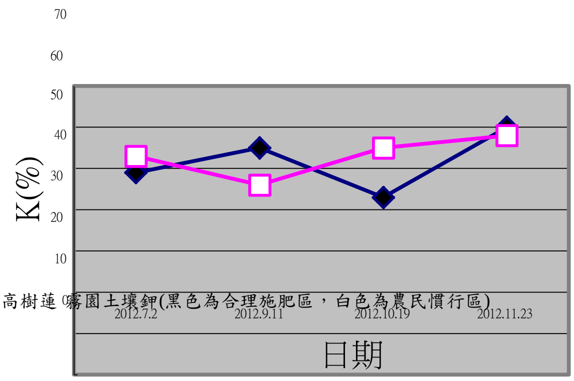
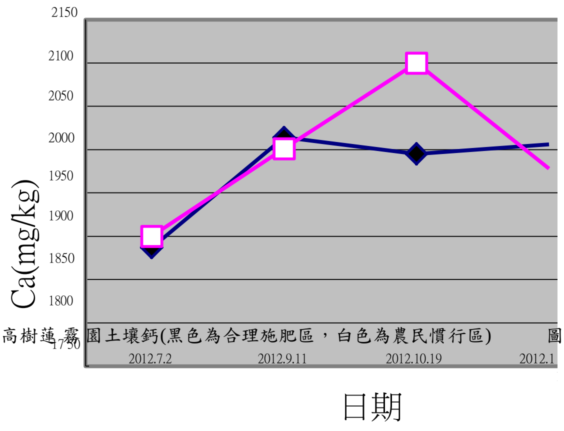


圖 15.高樹蓮霧園土壤磷(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

圖 16.高樹蓮霧園土壤鉀(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



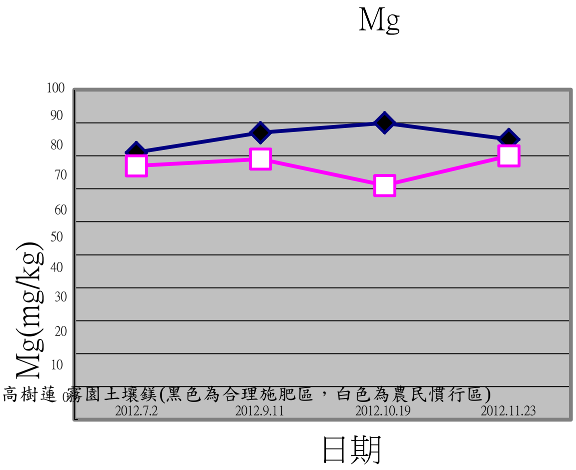
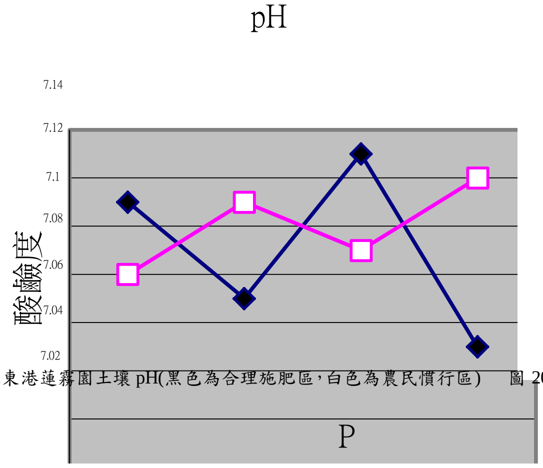


圖 17.高樹蓮霧園土壤鈣(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)　圖 18.高樹蓮霧園土壤鎂(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



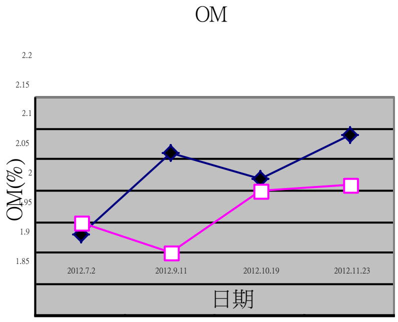
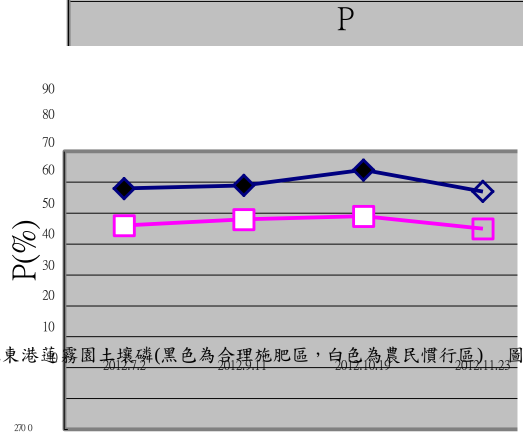


圖 19.東港蓮霧園土壤 pH(黑色為合理施肥區,白色為農民慣行區)　圖 20.東港蓮霧園土壤有機質(黑色為合理施肥區,白色為農民慣行區)



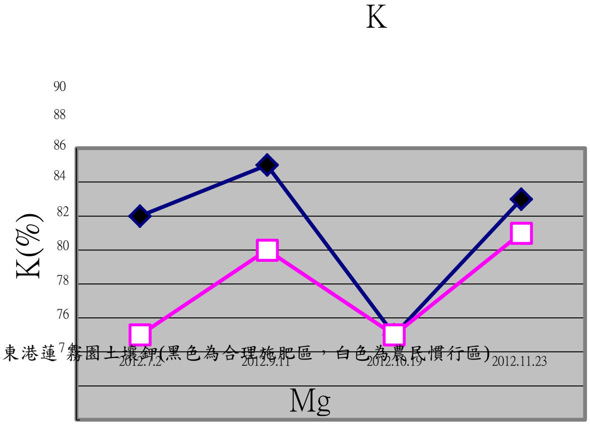
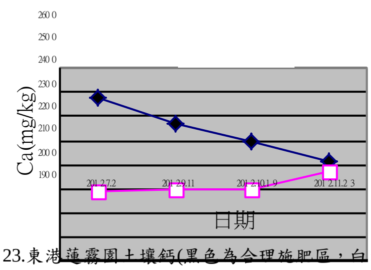


圖 21.東港蓮霧園土壤磷(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)　圖 22.東港蓮霧園土壤鉀(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)



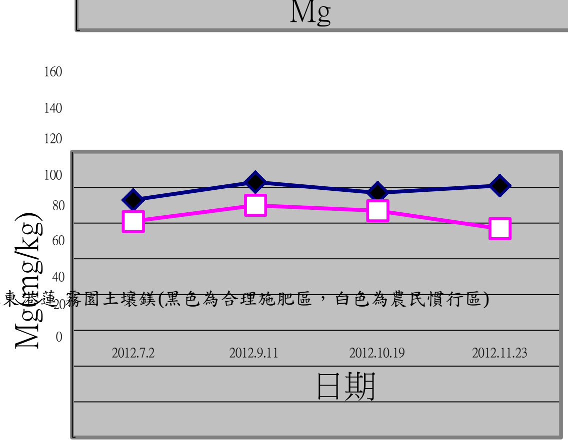


圖 23.東港蓮霧園土壤鈣(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)　圖 24.東港蓮霧園土壤鎂(黑色為合理施肥區，白色為農民慣行區)

表 1.蓮霧合理化施肥區與農民慣行施肥區成本效益表

農戶姓名	處理	三要素施用量 $N－P_2O_5－K_2O$ （公斤/公頃）	有機質肥料用量 (公斤/公頃	化學肥料 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)	產品單價 (元/公斤	產量(公斤/公頃) 產值(元)	示範點面積 (公頃)	效　　益
黃進文	合理施肥量	336 - 151 - 210 (697)	7,500	20,045 (3,846)	75,000 (0)	100.0	30,000 3,000,000 (50,000)	0.10	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 138 公斤(16.5 %)，成本節省 3,846 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 53,846 元。
(屏東縣東港鎮)	農民慣用量	378 - 187 - 270 (835)	8,325	23,891	75,000	100.0	29,500 2,950,000	0.10	
蔡順得	合理施肥量	340 - 350 - 400 (1090)	9,000	30,690 (9,660)	70,000 (0)	80.0	17,000 1,360,000 (40,000)	0.10	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 360 公斤(24.8 %)，成本節省 9,660 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 49,660 元。
(屏東縣佳冬鄉)	農民慣用量	350 - 500 - 600 (1450)	9,000	40,350	70,000	80.0	16,500 1,320,000	0.10	
陳呈祥	合理施肥量	340 - 350 - 400 (1090)	2,700	30,690 (3,291)	30,000 (0)	80.0	17,000 1,360,000 (32,000)	0.10	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 111 公斤(9.2 %)，成本節省 3,291 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 35,291 元。
(屏東縣南州鄉)	農民慣用量	426 - 350 - 425 (1201)	2,700	33,981	30,000	80.0	16,600 1,328,000	0.10	
賴錦福	合理施肥量	350 - 350 - 400 (1100)	6,000	31,000 (12,150)	50,000 (0)	80.0	17,800 1,424,000 (20,000)	0.10	1.合理化施肥區每公頃三要素肥料量較農民慣用區減少 450 公斤(29.0 %)，成本節省 12,150 元。 2.總產值粗收益每公頃增加 32,150 元。
(屏東縣高樹鄉)	農民慣用量	400 - 500 - 650 (1550)	6,000	43,150	50,000	80.0	17,550 1,404,000	0.10	

表 2. 蓮霧施肥三要素推薦量 (公克/株/年)

要素\株齡	1-2 年	3-4 年	5-6 年	7-8 年以上
氮素	400-600	700-900	1000-1200	1200-1600
磷酐	400-600	700-900	1000-1200	1200-1600
氧化鉀	400-600	700-900	1000-1200	1200-1600

表 3. 蓮霧含三要素之單質肥料施用量 (公克/株/年)

肥料\株齡	1-2 年	3-4 年	5-6 年	7-8 年以上
尿素	870-1300	1520-1960	2170-2610	2610-3480
過磷酸鈣	2200-3330	3890-5000	5550-6670	6670-8890
氯化鉀	670-1000	1170-1500	1670-2000	2000-2670

表 4. 蓮霧施肥時期及分配率(%)

	催花後 8-10 月	花果期	採收後 5-7 月
氮肥	50（40）	50	（10）
磷肥	50	—	50
鉀肥	50	25	25
有機肥	100	—	—

備註：強剪或採收後樹勢較差之果樹，在採收後修剪前，施用 10%之氮肥，並充分灌溉以利新梢生成，催花成功後施用之氮肥改為 40%。

表 5. 屏東縣東港鎮蓮霧草生栽培後兩個月土壤性質調查

處理	酸鹼度	有機質 (%)	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅
			(mg/kg)							
種植前	7.17	2.68	146	308	3908	328	272	120	11	18
草生區	7.56	3.53	153	320	4398	333	304	178	12	28
清耕區	7.19	2.66	157	325	3872	325	261	127	12	20

草生栽培區栽植紅葉滿天星

表 5（續）. 屏東縣東港鎮蓮霧草生栽培後兩個月土壤性質調查

處理	電導度 (mS/cm)	總體密度 (g/cm^3)	含水率 (%)	孔隙度 (%)
種植前	0.23	0.9	61.9	65.7
草生區	0.29	0.8	64.1	68.3
清耕區	0.25	0.9	61.2	65.5

草生栽培區栽植紅葉滿天星

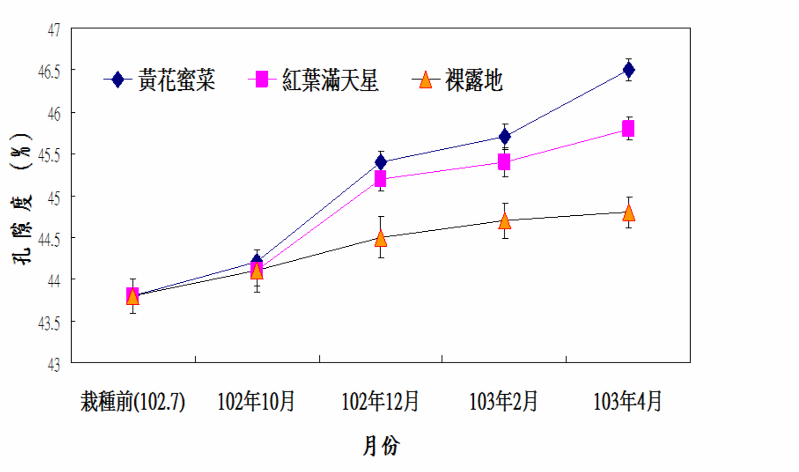


圖 25. 草生栽培對土壤孔隙度的影響

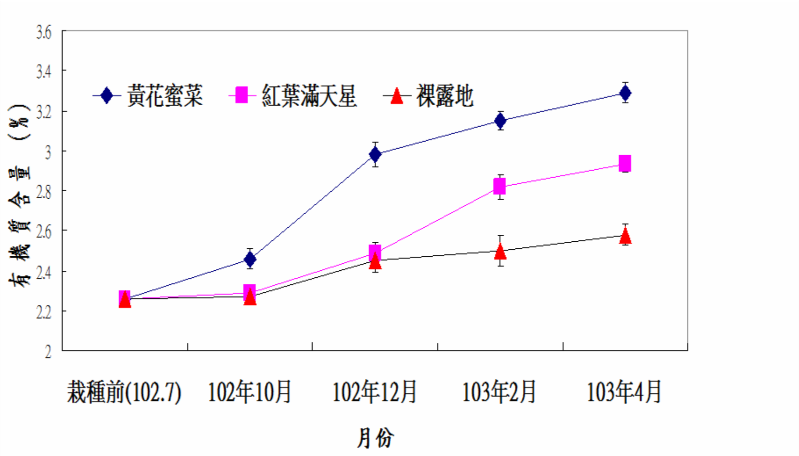


圖 26. 草生栽培對土壤有機質含量的影響

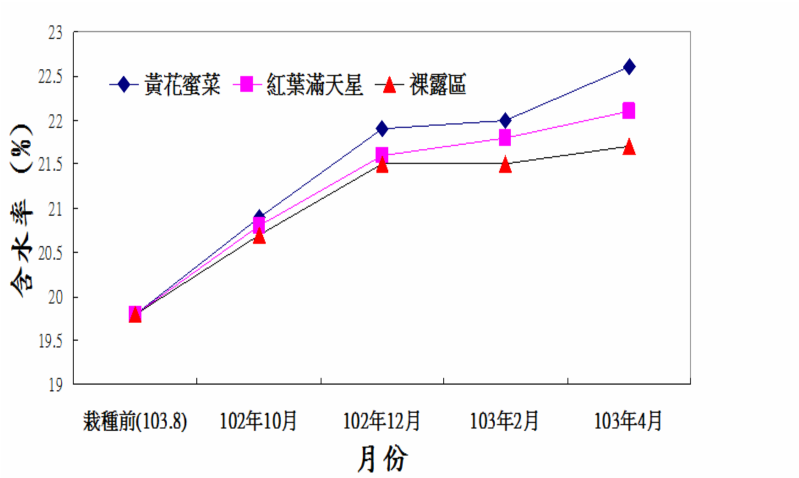


圖 27. 草生栽培對土壤含水率的影響

蜜棗肥培管理技術之建立

The building of fertility technology for Jujube

蘇博信[1,*]、江筱慧[2]

[1] 行政院農業委員會高雄區農業改良場作物環境課
[2] 行政院農業委員會高雄區農業改良場作物改良課
*E-mail: supohsin@mail.kdais.gov.tw

摘　　要

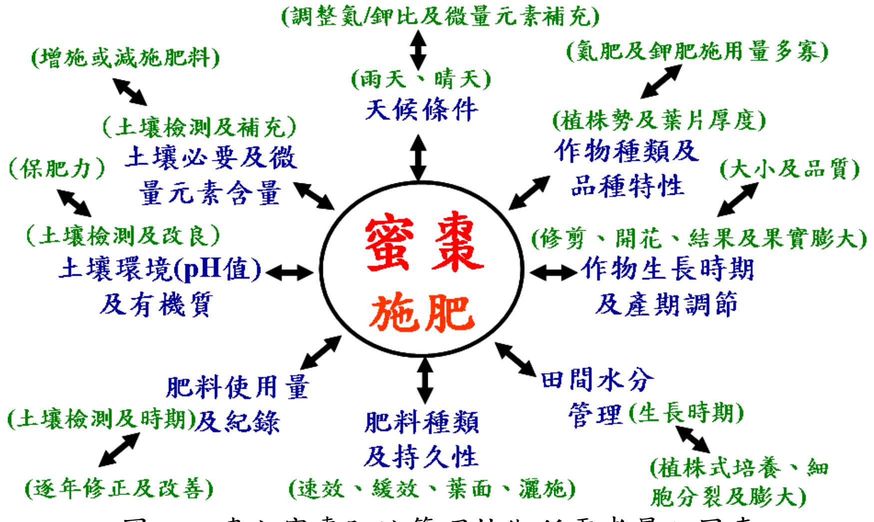
蜜棗屬熱帶果樹，生長環境需陽光充足，對環境適應性強，排水良好之沙土或壤土為佳，土壤酸鹼度 5.0 到 8.0 之間皆可使蜜棗植株生長良好，其中仍以 5.5-7.5 之間為最佳，土壤有機質含量最好維持在 2%以上。果樹和人一樣，需吸收均衡的營養才能健康茁壯，蜜棗之品質優劣受肥培管理及整枝技術影響甚重，因此良好之栽培管理技術之建立相當重要，包括 1.了解蜜棗之最佳生長環境，包括生長環境及土壤特性等；2.培育栽植蜜棗之最佳土壤養分條件，包括土壤有效性氮、磷、鉀、鈣、鎂等，3.建立蜜棗之生長週期，包括營養生長期、開花期、小果期、果實發育停滯期及果實膨大期等；4. 良好枝整枝修剪模式及最佳葉片狀態，建議側芽與單層留枝且地面需有分散光斑出現等原則，5.依品系特性區分蜜棗之肥培管理，包括中葉、三木等大葉蜜棗品系，純蜜棗、新蜜王、金桃等小葉蜜棗品系、雪蜜、珍寶等樹勢較小之品系及生長勢強、葉片中等且偏厚之珍蜜品系等 4 類；6.依不同生長時期進行肥培管理，不同時期所需之肥料皆需調整並補充次要及微量元素；7. 建立基礎肥料施用量供參，依生產因子如土壤條件、栽種品系、天候因素及水分管理調整施肥量；建議棗農進行土壤檢驗後，了解土壤基本性質及營養元素分布，依科學數據進行田間肥培管理，配合不同生長時期及品系進行肥料調整，培育最佳葉片狀態，方能生產高品質果品。

關鍵詞：蜜棗、生長週期、整枝模式、肥培技術。

前　　言

蜜棗，屬鼠李科(Rhamnaceae)棗屬(*Ziziphus*)植物，原產於印度、緬甸、中國雲南地區，其栽培分布甚廣。台灣蜜棗經多年育種，果實碩大且甜脆，有「台灣蘋果」之雅稱。目前主要栽植品系包括中葉、三木、純蜜棗、金桃、雪蜜、珍寶、珍蜜等品系，每年 11 月底至隔年 4 月為蜜棗主要產出時期，為春節期間最佳伴手 禮，品質優良之蜜棗果品於台北批發市場可達 300-400 元/公斤，農民躍躍欲試栽植 台灣蜜棗，已成為高屏度區重要經濟果樹，根據 2014 年農情報告資源網顯示，蜜 棗栽培面積為 1,969 公頃，主要為高雄(852)，其次為屏東(647)，台南(272)、嘉義(79)， 南投、彰化、台東等縣市則有零星栽植，其收獲量高達 35,304 公噸，年產值高達 14 億。果樹和人一樣，需吸收均衡的營養才能健康茁壯，蜜棗之品質優劣受肥培管 理及整枝技術影響甚重，因此良好之栽培管理技術之建立相當重要，各階段之生 長發育及果實養分吸收均應綜合土壤、肥料、水分、氣候及作物營養管理等因素， 利用『科技檢測，科技施肥，當用則用，當省則省』之原則，建立精準之蜜棗肥

培技術。本研究將說明蜜棗最佳生長環境、栽植蜜棗最佳土壤條件，建立蜜棗生長週期、依品系特性區分之肥培管理、最後依不同生長時期進行肥培管理，蜜棗肥培管理技術將提供棗農參考，期望良好之肥培管理技術，可為棗農帶來豐沛的利潤。



圖一、建立蜜棗肥培管理技術所需考量之因素

蜜棗肥培管理技術之建立

蜜棗之最佳生長環境 蜜棗屬熱帶果樹，生長環境需陽光充足，溫度適應性極廣，惟溫度超過 35℃

時著果不易，低於 3℃時，果實則有寒害現象，而當日夜溫越大，則蜜棗品質越佳，

蜜棗植株對環境適應性強，排水良好之沙土或壤土為佳，生長在黏質土壤之蜜棗植株根系較為受限，需施用有機資材進行改良之動作，得以使根系延展及樹勢展開，蜜棗品系−雪蜜及珍寶本身樹勢偏小，較不適宜栽植於黏性土壤，需多加注意；土壤酸鹼度 5.0 到 8.0 之間皆可使蜜棗植株生長良好，其中仍以 5.5-7.5 之間為最佳，所有微量元素之有效性皆較佳；當土壤酸鹼度高於 8.5 時，蜜棗植株對土壤鉀離子吸收較不佳，應進行葉面噴施進行補充。有機質含量可反應土壤中養分的供應能力及保肥力，建議土壤有機質含量最好維持在 2%以上。

栽植蜜棗之最佳土壤養分條件 土壤養分多寡在生產培育過程扮演重要之角色，土壤養分可供給番茄生長必需元素，包括 1.巨量元素：碳、氫、氧、氮、磷、鉀；2.次量元素:鈣、鎂、硫；3.微量元素：鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯。一般而言，土壤僅需補充氮(N)、磷(P_2O_5)、鉀(K_2O)三要素供植物生長即可，而次量與微量元素，僅需針對特殊土壤母質與特定作物需求額外補充，如蜜棗對鈣、鎂及硼之需求量較高。建議蜜棗田區土壤有效性氮結果前應維持在 50-100 mg/kg 之間，結果後則維持在 100-200 mg/kg 之間，需視土壤性質及留果量而有所調整，土壤有效性磷則維持在 50-80 mg/kg 則已足夠，土壤交換性鉀在開花結果前維持 150-250 mg/kg 左右為佳，結果後土壤交換性鉀則需拉至 200-400mg/kg 之間，土壤交換性鈣在 1000-4000mg/kg，土壤交換性鎂則 300-500 mg/kg 較為適宜。

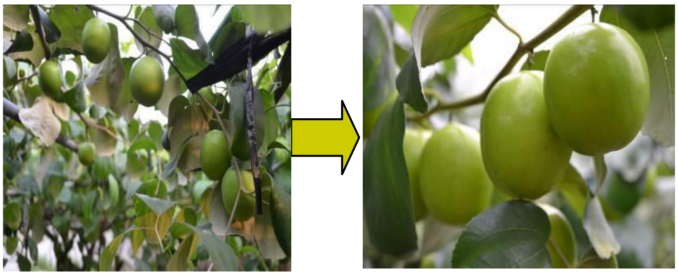
建立蜜棗之生長週期

蜜棗為多年生之木本植物，每年之 2 月至 5 月為主幹更新時期，主幹更新後至開花前為營養生長期，因品系有所不同，介於 160 天-180 天之間，而約 8 月初(照燈)至 9 月初(正常花)進入始花期，9 月中旬至下旬則進入盛花期，蜜棗開花後約 5-10 天經昆蟲媒介授粉後即進入小果期，所有品系之小果期皆介於 49-56 天之間，因蜜棗果實發育屬 2S 曲線，因此第一階段停滯期皆維持 15-28 天之間後進入果實膨大期，果實膨大期因品系不同而差異極大，中葉或三木品系之果實膨大期約 70-80 天後即可採收，而純蜜棗、新蜜王及金桃等小葉蜜棗品系約需 100-120 天，雪蜜及珍寶品系則需 90-100 天，珍蜜品系則需 110-130 天。

樹梢培養期

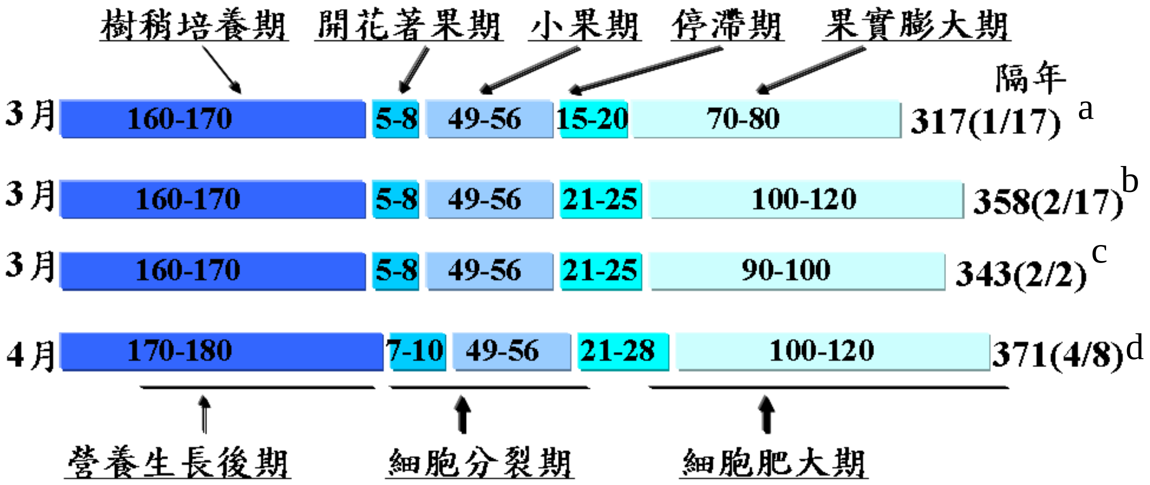
開花結果期

小果期



果實停滯期　　　　　　果實膨大期

圖二、蜜棗不同生長時期



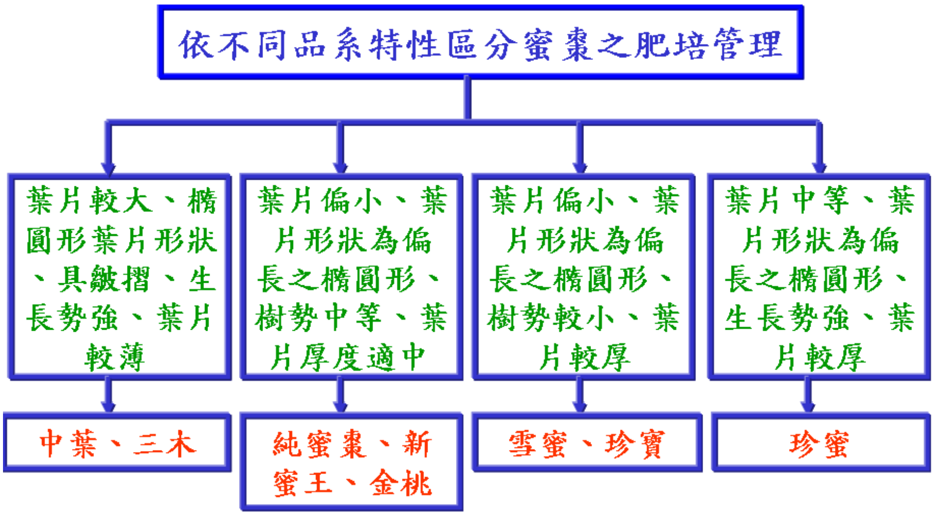
圖三、不同品系之生長週期(a.中葉、三木等大葉品系；b. 純蜜棗、新蜜王及金桃等小葉品系；c. 雪蜜及珍寶等樹勢較小品系；d.珍蜜品系)

整枝修剪模式及最佳葉片狀態 蜜棗生長旺盛，每年需進行主幹更除，建議可觀察其主幹芽點位置，至少需

留 3-4 芽點，以確保更除後可萌發新稍；蜜棗整枝修剪模式對於果實品質影響甚大，一般而言，建議更除後之中葉及三木品系以 4-6 枝為佳，純蜜棗、新蜜王及金桃主幹留枝則為 2-4 枝，雪蜜及珍寶品系則為 6-8 枝，珍蜜品系則為 4-5 枝為佳，建議於新稍 80-120 公分處將主稍剪除後留固定方向側枝，使其枝條分布呈 360˚圓形放射狀，側枝主要覆蓋面積為 90–120˚為最佳，中葉、三木、純蜜棗、新蜜王、金桃、珍蜜以單層留枝為佳，枝稍葉片可均勻照射到陽光進行光合作用進而累積碳水化合物，管理方便且病蟲害較易管理，而雪蜜及珍寶因樹勢延展性較不佳，則建議雙層留之方式為佳，為呈現雨傘放射狀留枝為佳。葉片間距、顏色及厚度將影響養分蓄積，進而影響果實品質，建議控制葉片與葉片間距為 4-6 公分(純蜜棗、新蜜王、金桃、珍蜜、雪蜜及珍寶)及 6-8 公分(三木及中葉)，葉片小大約為直徑 10-12 公分(三木及中葉)、9-11 公分(純蜜棗、新蜜王及珍蜜)及 7-9 公分(金桃、

雪蜜、珍寶)為佳，除此之外，葉片需平整，葉片顏色呈現較深之青綠色，葉片厚度需有 5-8 張 A4 紙厚度為佳；當棗枝條棚架時，日正當中下時間之蜜棗樹下時，地面需有分散光斑出現，此為葉片分布之最佳狀態，將對生產高品質之蜜棗及減少生理病害產生有相當大之幫助。

依不同品系特性區分蜜棗之肥培管理 台灣蜜棗經多年育種，品系相當多元，目前主要品種包括中葉、三木、純蜜棗、新蜜王、金桃、雪蜜、珍寶、珍蜜等品系，依葉片外觀及樹勢強弱可將蜜棗分成 4 類進行肥培管理，詳述如下:1.三木、中業等大葉蜜棗品系，葉片較大，直徑約 10-15 公分，呈現橢圓形之葉片形狀，生長勢強，氮肥供應量相對需較低，葉片較薄，相對鉀、鈣、鎂需求量較高；2.純蜜棗、新蜜王、金桃等小葉蜜棗品系，葉片偏小，直徑約為 7-13 公分，葉片形狀為偏長之橢圓形，葉片厚度適中，氮、鉀、鈣、鎂需求量較平均；3. 雪蜜、珍寶等樹勢較小之品系，葉片中等約 7-11 公分，葉片形狀呈現偏長之橢圓形，葉片較厚，營養生長期對氮需求量較高；4.珍蜜之品系，結合上述之優點，生長勢強、葉片中等且偏厚。因各品系特性有所差異，因此建議需依品系建立肥培管理技術。



圖四、依不同品系生長特性進行蜜棗肥培管理技術之分類

依不同生長時期進行肥培管理和次要及微量元素之特殊需求補充 蜜棗肥培管理技術之建立為基肥施用前一個月採取進行土壤肥力分析，依分析結進行施肥推薦，如土壤有機質含量不足，則可施有機質肥料加以補充，土壤有效性氮、磷、鉀不足或過量時，則可經過精算後進行酌量增施或減施；如土壤次要或微量元素缺乏時，則需額外地面撒施補充或葉面噴施。

1.基肥

更除後到開花之階段為營養生長期，施用磷肥進行開根，所需之氮肥及鉀肥比例有相當大之差異，三要素之相對比例比絕對含量重要，當土壤溼度保持50-70%時，建議氮及氧化鉀比例可調整中葉、三木等大葉蜜棗品系為$N:K_2O$=1:3(黏土)至 1:5(沙土)、純蜜棗、新蜜王、金桃等品系則調整 $N:K_2O$ 為 1:2(黏 土)至 1:4(沙土)、雪蜜、珍寶等樹勢較小之品系則 $N:K_2O$ 為 1.5:1(黏土)至 1:1.5(沙 土)，而珍蜜品系 $N:K_2O$ 為 1:2(黏土)至 1:3(沙土)，進行土壤檢測後，得知棗園基本

性質及營養元素之分布後，考量品系生長特性進行基肥施用，建議可施用國產推薦之腐熟有機質肥料搭配化學肥料 5 號(16-8-12) 、43 號(15-15-15-4)、39 號 (12-18-12)及 4 號(11-5.5-22)、過磷酸鈣(0-18-0)及氯化鉀(0-0-60)進行開溝施肥， 值得注意為在計算氮及氧化鉀比例時，需將有機質肥料中所含之氮素及氧化鉀依

並計算，營養生長中後期(主稍剪除後留固定方向側枝)之水分需隨葉片數增加，灌水頻率也應隨之增加，使其水分帶動肥料進入植物體中，使其成長茁壯。

2.追肥 在培養棗植株生長勢時，可利用追肥施用些許鉀肥控制植株對於氮肥之吸收

量，培育枝條組織較結實並使葉片厚度增生，因高屏地區夏季高溫多濕，正值蜜棗營養生長期，氮肥吸收較為旺盛，需施用些許鉀肥加以控制，建議中葉、三木等大葉蜜棗品系可施用 0.5(黏土)-2(沙土)公斤/株氯化鉀，而純蜜棗、新蜜王、金桃等品系則施用 0.2(黏土)-0.5(沙土)公斤/株氯化鉀，而雪蜜、珍寶等品系因生長勢較慢，除可施用 0.1(黏土)-0.3(沙土)公斤/株之氯化鉀外，仍需補充速效性及緩效性氮肥，使其樹勢得以延伸。珍蜜品系則需視生長時期有所調整，營養生長期初期可用氯化鉀約 0.1(黏土)-0.3(沙土)/株公斤，營養生長後期則可施用 0.3(黏土)-0.6(沙土)公斤/株之氯化鉀。營養生長期施用原則為 1 個月 1 次，至開花前需施用 3-4 次，如遇 大雨過後，則為補充鉀肥絕佳時期，可於蜜棗園薄施鉀肥、鈣肥及鎂肥。

3.開花期

始花期至盛花期約為 20-35 天，為營養生長轉生殖生長之階段，所需求之磷、鉀肥較高，因此建議氮:磷酐:氧化鉀三要素可調整為 $N:P_2O_5:K_2O$=1:1.5:1(黏土)或1:1.5:2(沙土)，三要素肥料供給則在開花前半個月即需施用，一般而言約在 7 月中

旬至 7 月底(早花)或 8 月中旬-9 月初(正常花)施用，建議施用磷酐含量較高之化學肥 料如 39 號(12-18-12)，並搭配酌量氯化鉀(0-0-60)進行田間撒施，另外，可額外葉 面補充 $N:P_2O_5:K_2O$ 為 1:3:3 至 1:5:5 液態肥料搭配次要及微量元素(鈣、鎂、硼、鉬) 葉面噴施促進花芽分化並增加花粉活性，此階段也為白粉病防治之起始時期，需 加以注意。

4.結果期 開花後著果至果實成熟階段稱為結果期，約需 137 至 180 天，可分小果期(花後

5-10 天至 55-61 天)、果實停滯期(花後 55-61 天至 70-86 天)及果實膨大期(花後 70-86
天至 137 至 180 天，結果期則需注意氮肥及鉀肥之比例控制，小果期即為果實細胞
分裂期，氮及氧化鉀比例之高低可能為影響落果之因素，建議氮及氧化鉀比例可調整中葉、三木等大葉蜜棗品系為 $N:K_2O$=1:2(黏土)至 1:3(沙土)、純蜜棗、新蜜王、金桃等品系則調整 $N:K_2O$ 為 1:1(黏土)至 1:2(沙土)、雪蜜、珍寶等之品系則 $N:K_2O$ 為
1:1.5(黏土)至 1:2.5(沙土)，而珍蜜品系 $N:K_2O$ 為 1:2(黏土)至 1:3(沙土)，可施用三要
素較平均之化學肥料如 43 號(15-15-15-4)或鉀肥較高之化學肥料 4 號(11-5.5-22)搭 配氯化鉀(0-0-60)或硫酸鉀(0-0-50)進行表面撒施；果實膨大期則為果實細胞膨大 之階段，此階段之氮肥需求較鉀肥少，建議氮及氧化鉀比例可調整中葉、三木等 大葉蜜棗品系為 $N:K_2O$=1:2(黏土)至 1:3(沙土)、純蜜棗、新蜜王、金桃等品系則調 整 $N:K_2O$ 為 1:1(黏土)至 1:2(沙土)、雪蜜、珍寶等之品系則 $N:K_2O$ 為 1:1.5(黏土)至
1:2.5(沙土)，而珍蜜品系 $N:K_2O$ 為 1:2(黏土)至 1:3(沙土)，可施用鉀肥較高之化學肥 料 4 號(11-5.5-22)或硝酸鉀(13-0-46)搭配硫酸鉀(0-0-50)進行表面撒施，果實膨大 期之肥料約為 20-30 天施用一次，需施用 3-4 次，此階段為培育果實品質之關鍵，建 議除地面撒施外，可額外地面灌注 $N:K_2O$ 為 1:5 至 1:8 之液態肥料(有機液肥、即溶肥
料及次要與微量元素) ，此階段土壤水分需足夠，可使其蜜棗植株可隨時吸收到營養元素，生產脆甜多汁之蜜棗果品。

3.次要及微量元素之特殊需求補充

蜜棗對於鈣及鎂需求量較高，當鈣鎂足夠之情況下，葉片具光澤性，所生產之蜜棗果實表面光滑且多汁，氮肥吸收旺盛(中葉及三木)之植株及豪雨過後皆較易發生，建議可施用含鈣鎂較高之肥料如鈣鎂肥及硫酸鎂各 1.0-1.2 公斤/株(基肥)、0.4-0.6 公斤/株(1-3 追)、1.0-1.2 公斤/株(開花期)及 0.5-0.7 公斤(禮肥)地面灑施補充，但仍需視土壤中鈣鎂含量有所調整。另外，定期施用有機質肥料之蜜棗田區將不會造成微量元素之缺乏，當蜜棗植株出現微量元素缺乏症狀時，首要檢視土壤酸鹼度是否已過高或過低，建議調整土壤酸鹼度為 5.5-7.5 之間，並同時進行土壤灌注或葉面噴施微量元素補充，需 3 至 4 次後可逐漸改善，噴施間隔時間為 4-7 天/次；惟蜜棗對硼元素需求量較高，建議基肥施用時，地面灑施 1-2 公斤/分地硼砂，或於營養生長時期，添加 1000 倍之硼酸葉面噴施。

圖五、蜜棗果園常出現葉片葉脈間黃化缺鎂之現象

建立基礎肥料施用量供參

蜜棗施肥可依生育時期而肥料用量及種類也有所不同，本持著少量多餐原理施肥將可培育最佳之植株勢，表為蜜棗各時期使用肥料種類及用量，為進入生產階段(3 年以上)之蜜棗植株所設計，栽植品種為三木或中葉，栽植棵數為 25-27 棵/ 分地，果園狀態為草生栽培、土壤性質為沙質壤土，可做為生產蜜棗基礎施肥之 參考，此後再加入其他生產因子如土壤條件、栽種品系、天候因素及水分管理調 整施肥量，配合土壤分析報告之結果及考量不同種類之品系差異、生產季節改變、
特殊土壤性質及田間水分管理習慣下進行施肥量多寡之評估，可避免施肥過量所造成的成本提昇及環境污染，並可生產健康安全之高品質果品。

表一、蜜棗各時期之基本肥料種類及用量(3 年以上植株；種植棵數 25-27 棵/分 地；蜜棗品種:中葉或三木；草生栽培；沙質壤土)

	肥料種類	肥料施用量 (公斤/分地)
基肥	有機質肥料	600-800
	台肥 4 號(11-5.5-22)	10-20
	氯化鉀 (0-0-60)	5-10
	過磷酸鈣(0-18-0)	20-30
	鈣鎂肥	25-30
	硫酸鎂	25-30
	硼砂	3-4
1 追肥 (基肥施用後 40 天)	氯化鉀	15-25
	鈣鎂肥	10-15
	硫酸鎂	10-15
2 追肥	台肥 47 號(9-18-27)	10-20

(基肥施用後 70 天)	鈣鎂肥	10-15
	硫酸鎂	10-15
3 追肥	氯化鉀	15-25
(基肥施用後 100 天)	鈣鎂肥	10-15
	硫酸鎂	10-15
開花期	台肥 39 號(12-18-12)	10-30
	氯化鉀(0-0-60)	7-10
小果期	台肥 4 號(11-5.5-22)	8-20
	硫酸鉀(0-0-50)	8-10
	鈣鎂肥	25-30
	硫酸鎂	25-30
果實	台肥 4 號(11-5.5-22)	50-65
膨大期	硫酸鉀(0-0-50)	35-45
禮肥	過磷酸鈣(0-18-0)	12-15
(更除前施用)	氯化鉀 (0-0-60)	10-15
	鈣鎂肥	12-20
	硫酸鎂	8-12

果實膨大期之肥料需分 3-4 次施用，平均 20-30 天施用一次

結　論

蜜棗肥培管理過程中應考慮會影響施肥之因子，包括土壤性質、肥料特性、水分管理、氣候條件、作物營養特性及個人管理習性等，蜜棗肥培管理技術之建立包括 1.了解蜜棗之最佳生長環境，2.培育栽植蜜棗之最佳土壤養分條件，3.建立蜜棗之生長週期，4. 良好枝整枝修剪模式及最佳葉片狀態，5.依品系特性區分蜜棗之肥培管理，6.依不同生長時期進行肥培管理及 7.了解蜜棗對於次要及微量元素之特殊需求進行最佳化管理；建議進行土壤檢驗後，了解土壤基本性質，依科學數據進行田間診斷，配合不同生長時期及品系進行肥料之調整，培育最佳葉片狀態，方能生產高品質果品。

參考文獻

1. 李文豪、邱祝櫻。 2014。 棗。 臺灣熱帶果樹栽培品種專輯。99-114。
2. 邱祝櫻。2014。棗新品種高雄 11 號「珍蜜」簡介。行政院農業委員會農政與

農。264:92-94。

3. 李文豪、黄基倬、張麗華。 2013。 印度棗新品種「台農 9 號-新蜜王」之育成。園藝之友 158:30-32。
4. 邱祝櫻。2013。台灣棗之栽培及其改進。農友種苗有限公司園藝之友。157:35-48。
5. 邱祝櫻、顏昌瑞。2011。 印度棗高雄 8 號之育成。台灣園藝。57(4):306
6. 陳明昭、林景和、邱祝櫻。2005。印度棗安全生產管理技術。行政院農業委員會高雄區農業改良場。
7. 陳明昭、林景和、邱祝櫻。2005。台灣蜜棗栽培管理手冊。行政院農業委員會高雄區農業改良場。

花蓮地區文旦肥培管理研究回顧

Review of Researches on Fertility Management for Wentan Pomelo in Hualian Area

徐仲禹[1*]、倪禮豐[1]

[1]行政院農業委員會花蓮區農業改良場

* E-mail: pudding726@hdares.gov.tw

摘　要

文旦係花蓮地區重要果樹，民國 103 年栽培面積達 1,372 公頃，主要產區為花蓮縣瑞穗鄉、玉里鎮及宜蘭縣冬山鄉，每公頃平均產量超過 12,000 公斤，是重要經濟果樹之一。花蓮地區環境條件與西部差異甚大，而肥培管理是文旦品質好壞及產量高低的關鍵之一。行政院農業委員會花蓮區農業改良場自民國 80 年起進行文旦肥培管理相關研究，包括土壤性質改良與肥培管理等對文旦品質產量之影響。另外由於花蓮地區環境相當適宜有機農業發展，栽培有機文旦農友比例漸增，本場亦針對文旦有機肥培管理進行試驗研究。近年則配合文旦健康管理生產體系建立，以文旦果實品質、外觀等影響銷售之條件為基礎，研究不同型態氮肥對文旦果實品質之影響。本文針對本場文旦肥培管理之研究進行綜合回顧，並探討後續研究可加強之處。

關鍵詞：花蓮地區、文旦、肥培管理。

前　言

文旦於花蓮地區自 1960 年開始種植，面積逐漸增加，如在花蓮縣瑞穗鄉鶴岡地區漸漸取代原來栽培的紅茶。根據民國 103 年農業統計年報，全台文旦栽培面積為 4,253 公頃，宜蘭、花蓮兩縣合計 1,372 公頃，佔全台四分之一以上 (32 %)，是最大的文旦產區。行政院農業委員會花蓮區農業改良場 (以下簡稱本場) 對文旦之研究包括栽培管理、肥培管理、病蟲害防治等技術面研究，以及加工利用、產銷經營等，出版與文旦相關專刊 4 冊、農業專訊 9 篇、學術文章 (本場研究彙報、研討會論文) 15 篇。近年推動文旦健康管理生產體系，除執行技術研究外，更每月至文旦產區－花蓮縣瑞穗鄉、玉里鎮，以及宜蘭縣冬山鄉辦理現地式講習會，研究方向由栽培管理、肥培管理、病蟲害防治個別進行，整合為文旦健康管理。

本場針對文旦肥培管理研究，主要為土壤性質改良、灌溉條件、肥料種類 (包括化學肥料、有機質肥料) 等對文旦果實品質及產量之影響。由於花蓮地區土壤性質、氣候因子、農友習慣與西部差異甚大，故肥培管理模式必不盡相同，目前「作物施肥手冊」僅針對柑橘類給予施肥推薦量，綜觀本場多年研究結果，應針對文旦修正其施肥推薦量，並加強教育農友依據其土壤性質、地形、氣候等條件調整施肥量、時機，以達合理化施肥之目的。

近 10 年花蓮地區文旦產量及栽培面積漸趨穩定 (圖 1)，產地平均價格約 31 元，顯示栽培農戶數以及其栽培技術亦趨平衡。如何提升文旦品質，增加銷售單價，建立穩定產銷供應鏈為目前主要之課題。

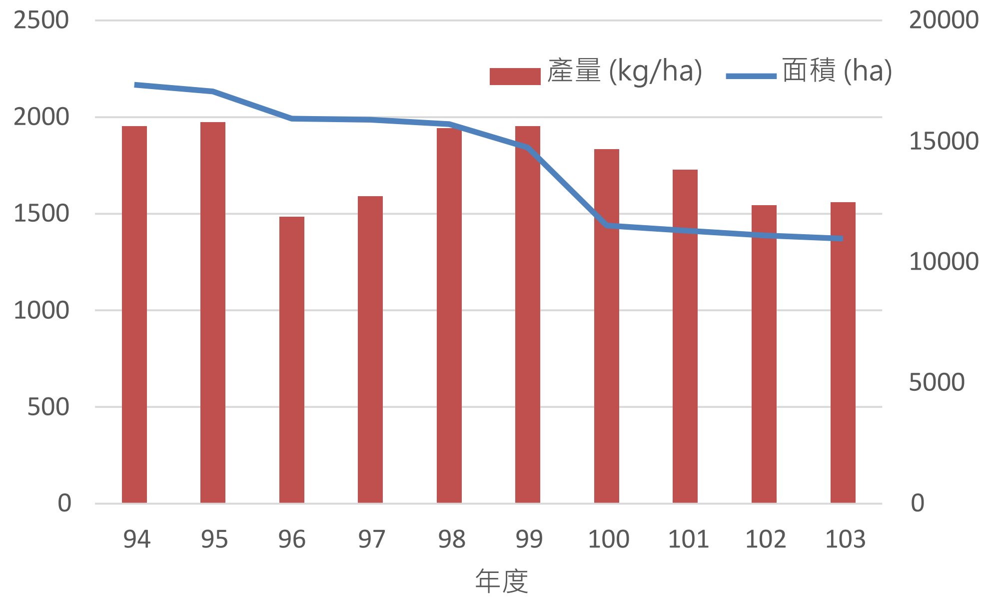


圖 1. 近 10 年宜蘭花蓮地區文旦產量與栽種面積

Figure 1. The yield and area of Wentan pomelo in Yilan and Hualien area in the past decade.

土壤改良對文旦品質產量之影響

一、強酸性土壤改良

花蓮地區文旦果園土壤多為酸性，近來調查結果顯示強酸性土壤比例漸增，而強酸性土壤容易發生缺鎂之情形，除每年 2 至 3 月可見文旦葉片缺鎂之情形(圖 2)，果樹還可能有落葉、落果、糖酸度偏低，品質變差等情形。

本場民國 81-82 年研究不同石灰資材施用方法改良強酸性土壤及缺鎂的效果，處理包括不施苦土石灰、撒施、溝施、深施、溝施苦土石灰並添加樹皮堆肥，及深施苦土石灰並添加樹皮堆肥。其苦土石灰施用量為每株 5 公斤，樹皮堆肥施用量為 40 公斤。溝施為開放射狀溝條，深施則為於樹冠下不同方位挖取直徑 20 公分，深度 30 至 60 公分之圓孔共 8 個，以上兩種施用方法皆將土壤與苦土石灰、苦土石灰/樹皮堆肥等混合均勻。

試驗結果顯示，無論是否添加樹皮堆肥，深施石灰資材對於改良土壤酸鹼度、鈣、鎂含量皆有明顯效果，而對於文旦果實品質之影響於施用後兩年才有顯著差異 (Lin & Cheng, 1991; Chiang *et al*. 1999)。

就本場分析農友果園土壤結果顯示，至今農友對果園土壤性質掌握度仍相當有限，多數農友並不瞭解果園土壤是否偏酸，即使知道土壤偏酸，須以石灰資材改良，礙於人力不足，僅能將石灰資材撒施於土壤表面，甚至並未將石灰資材翻入土中，無法達到改良酸性土壤的效果。農友多偏好施用鎂鈣肥，短時間可提高鈣、鎂含量，但對於改良土壤酸鹼度，增加其他營養元素有效性的效果有限。

圖 2. 強酸性土壤易使文旦葉片缺鎂，葉片黃化，葉脈保持綠色。

Figure 2. Lack of magnesium on Wentan pomelo result from strongly acidic soil, with yellow leaves and green veins.

二、土壤有機質含量改良 因花蓮地區氣候高溫多濕，有機質分解快，因此土壤普遍有機質含量不足，

對於文旦果園土壤物理、化學及生物性質皆相當不利。農友施肥習慣係將肥料撒施於表面，對植株而言吸收不易，且會造成淺根、肥效不佳等問題。

本場於民國 81 年研製果樹立體施肥機，目的即是希望可深施肥料，誘導根系 伸入較深的土層，提高肥料的施用效果，因此後續研究有機質肥料不同施用量、

施用位置、深度等處理與傳統施肥方法的不同。

本場民國 82-84 年試驗於文旦果實採收後以撒施、溝施、深施等方式施用 16 kg 有機質肥料 (1.5-3.0-2.0)，以及深施，但深度分別為 30、60 cm，施用量分別為 16 及 32 kg，另外亦有僅施化學肥等一共 7 種處理。結果顯示深施有機質肥料可改善 中、下層土壤酸鹼度、增加有機質、磷、鉀、鈣、鎂、錳、鋅、硼等含量，且能 降低土壤總體密度。而僅施化學肥料者，土壤酸鹼度降低。試驗三年後觀察文旦 果樹根系分布情形，表面撒施、溝施有機質肥料者，其根系分布於地表下 30 cm 佔

50 %，更深層的根系隨深度的增加而漸減。 中、下層土壤的根系越多，將有助於作物對中、下層土壤的養分及水分的吸

收，一來易受颱風侵襲的花蓮地區文旦果樹，根系如深入地層，可減少植株倒伏的可能。二來是花蓮地區文旦果園多位於坡地，且少有灌溉設施，夏季常有乾旱缺水的情形，根系分布深則可促進吸收深層土壤中的水分與養分，而減少乾旱帶來的損失。

而比較不同處理對文旦葉片、果實品質影響的試驗中發現，無論施用方法為何，施用 32 kg 有機質肥料，葉片氮含量皆偏高，為避免造成營養元素間的不平衡，有機質肥料施用 16 kg 即可。連續試驗三年後發現，不同施用方法對文旦果實品質影響不顯著，但施用 16 kg 有機質肥料者，其文旦果糖、蔗糖及葡萄糖之含量皆較施用 32 kg 有機質肥料者佳，且文旦之產量與果實數皆較高。顯示文旦採收後施用之有機質肥料，其氮素含量若較高將影響後續文旦果實的品質與產量 (Perng, 1991)。

肥培管理對文旦品質產量之影響 一、

鉀肥種類與施用量對文旦之影響

鉀於植物體內有維持細胞膨壓、促進植物生長與酵素活化等功能，係植物生長相當重要的必要元素，尤其是果樹，更影響果實品質之好壞。而鉀肥的種類因其副成分的不同，對文旦之品質影響差異也相當大。

本場民國 87 年研究比較硫酸鉀、氯化鉀以及硝酸鉀對文旦品質之影響，施用量為每年每株 0.3 及 0.6 公斤氧化鉀。試驗結果顯示施用 0.6 公斤硫酸鉀 (即每年每株

0.3 公斤氧化鉀) 之處理，其文旦果汁量、糖度以及維他命 C 含量皆較氯化鉀、硝酸鉀高。前人研究顯示施用硫酸鉀對鳳梨品質，可使鳳梨果肉顏色濃，組織緊密、糖分高、酸度低，而施用硫酸鉀亦可提高文旦品質，產量方面亦以每年每株施用

0.6 公斤硫酸鉀最高 (Chiang, 1998)。

二、液態磷肥對文旦果實品質之影響

農友施肥習慣上多以施用複合肥料為主，然磷肥往往供過於求，且相較於氮、鉀肥，作物磷肥需求量低，多餘磷肥累積於土壤中，在酸性土壤中被鐵、鋁氧化物固定，鹼性土壤中則形成磷酸鈣，有效性相當低，作物難以利用。

對於文旦果實品質之提升，磷肥為相當重要的關鍵，故肥培管理上除建議農友實施土壤性質分析，調整土壤酸鹼度、開花結果期輔以微生物肥料以提升磷肥有效性外，民國 103 年，本場試驗於文旦生理落果後於葉片噴施液態磷肥，分別每 隔兩週噴施 2、3 與 4 次稀釋 800 倍液態磷肥 (0-42-0)，初步試驗結果顯示葉面噴施磷 肥可以明顯降低文旦果實酸度並提高糖酸比。然降低酸度不利於實際品嚐文旦之 風味，需進一步試驗改善 (Liu, 2015)。

三、植物營養劑對文旦果實品質之影響 農友除以有機質肥料、化學肥料提供文旦果樹養分外，亦輔以添加如有機質、

腐植酸，或是氨基酸、核酸、維生素、酵素等可增加產量、提高品質之植物營養劑。其中而腐植酸與黃酸的混合物質腐黃酸，被認為具有促進光合作用合成之養分輸送與提高品質的效果。

本場民國 95-96 年於花蓮縣瑞穗鄉進行腐黃酸溶液對文旦品質產量影響之試 驗。試驗係於中果期進行噴施腐黃酸溶液處理，即於 6 月下旬開始利用市售之腐黃 酸產品稀釋 1000 倍溶液進行葉面噴施處理，每株果樹約噴施 5 公升之溶液，每隔 3 週噴施 1 次，共 3 次。

結果顯示，噴施腐黃酸處理對文旦果實重量無明顯影響，對果皮厚度、果汁率等性狀之影響亦不明顯，但可明顯增加果實之可溶性固形物含量與糖酸比 (Liu, 2009)。

文旦營養診斷及施肥方法 花蓮主要文旦產區，瑞穗及玉里之土壤主要為東岸母岩沖積土，土壤偏酸且

有機質含量偏低，陳與劉於本場民國 97 年出版之「文旦柚合理化施肥技術」手冊 中點出宜蘭花蓮地區常見肥培管理問題，包括(1)偏好施用豆粕類有機物質；(2)土 壤有機質含量偏低；(3)土壤酸鹼值偏低 (Chen & Liu, 2008)，故強烈建議農友勿選

用高氮且缺磷、鉀之有機質肥料，避免葉片氮素含量偏高，植株生育過旺則不利於文旦果實品質。此外，雖早期推廣使用苦土石灰，曾改善土壤缺鎂問題，但近期仍可觀察到文旦葉片缺鎂情形，因此建議農友應配合土壤分析結果進行土壤改良，避免影響文旦品質及產量。

由於現今葉片營養診斷僅針對柑橘類提供營養元素含量參考範圍，若按照一般柑橘類採樣時機為每年 8 月下旬至 9 月上旬，即文旦採收前 10 至 20 天，文旦已近 採收期，進行葉片營養診斷，無法滿足當季施肥推薦的實際應用。故本場民國 96-97 年於瑞穗、玉里調查不同時期文旦葉片與果實品質之相關性。考量植體分析時間

及肥料在土壤及植株內轉運所需時間，最理想的採樣時間應在 5 至 6 月之間，取樣 部位則與柑橘類相同，為當年生春梢非結果枝距末端第 3 或第 4 片葉 (圖 3)。調查結 果顯示，6 月中旬所採取葉片樣品中磷濃度與果實酸度呈顯著正相關，進而使得磷 濃度與果實糖酸比呈顯著負相關，故應避免過量施用磷肥，以提高產品價值。故

農友可依據表 1 之文旦葉片營養元素濃度範圍，調整後續追肥施用量 (Ni & Jan, 2008; Ni *et al*. 2014)。

表 1. 文旦葉片營養元素濃度範圍 (6 月上旬至中旬採樣) 與柑橘類葉片營養診斷標 準 (8 月下旬至 9 月上旬採樣)。

Table 1. The nutrition concentration range for leaves of Wentan pomelo (early June) and citrus (late August - early September).

作物別	元素別	氮 N	磷 P	鉀 K	鈣 Ca	鎂 Mg	鐵 Fe	錳 Mn	銅 Cu	鋅 Zn
	單位	%					mg kg^{-1}			
文旦	6 月上旬至中旬採樣	1.57-2.86	0.19-0.31	0.18-0.74	1.12-3.61	0.08-0.17	33-82	3-39	6-47	5-18
柑橘類	8 月下旬至 9 月上旬採樣	1.98-2.51	0.11-0.18	1.21-2.77	1.63-4.29	0.19-0.41	60-120	16-94	3-13	13-51

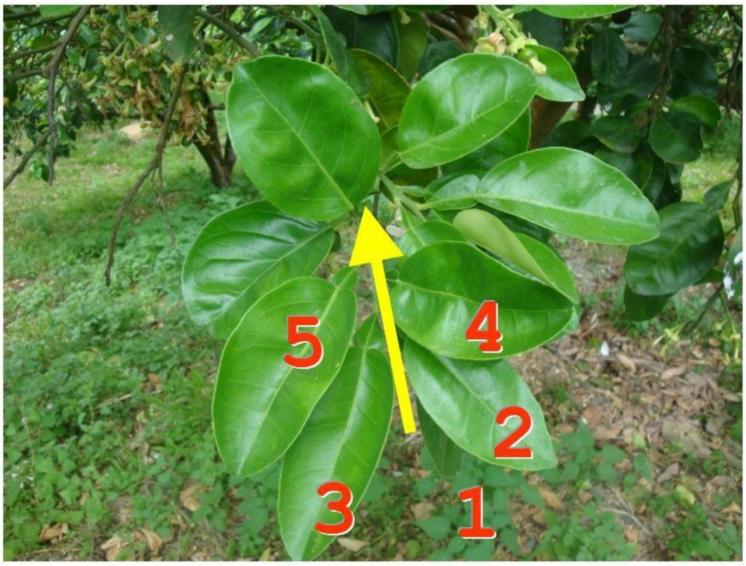


圖 3、文旦植體葉片分析應選取當年生春梢非結果枝，採取由末端往內數第 3 或第 4 片葉

Figure 3. Samping position for leaves of Wentan pomelo.

文旦有機肥培管理技術 文旦有機栽培仍應注重土壤性質改良，前述石灰資材可使用於有機栽培，而

施肥上應選用經充分醱酵腐熟之堆肥，或不易分解之有機資材，並將有機質肥料

深施於土壤中，促進深層根系發展，亦有利於吸收深層土壤中養分與水分。 基肥、

春肥可使用有機質肥料、堆肥，除增加土壤有機質含量外，亦可提供
養分；後續施用追肥，或是施用禮肥恢復樹勢時，可選用以天然資材醱酵製成的液體肥料，並依據生長期對不同營養元素的需求，製作高氮、高磷或高鉀之液體肥料 (Liu *et al*. 2009)。

文旦健康管理技術之肥培管理 自民國 101 年起，本場推動文旦健康管理技術，探

討品種、草生栽培、肥培管
理、整枝修剪、病蟲害防治、採收後處理等面向提升文旦果實、品質之技術。更於民國 103 年出版「文旦健康管理栽培技術」手冊，提供宜蘭花蓮地區農友如何實 施文旦健康管理之參考依據 (Liu *et al*. 2014)。

肥培管理上，本場試驗不同型態氮肥對文旦生育及果實品質之影響，試驗於基肥分別施用不同型態有機質肥料，包括高氮有機質肥料 (5-2-2)、低氮有機質肥料 (2-2-2)，以及低氮有機質肥料 (2-2-2) 並以化學肥料於春肥時補充氮 (試驗中係施用尿素)。結果顯示，基肥施用高氮有機質肥料，與低氮有機質肥料並補充化學肥料者，其葉片植體分析結果顯示，氮含量皆較高，為低氮有機質肥料者兩倍以上。而調查文旦果實性狀發現，基肥施用高氮有機質肥料者，其文旦果實偏大、果重較重。而施用低氮有機質肥料並補充化學肥料者，其文旦果實適中，接近文旦果實品質競賽評分標準 (400-600 公克)，為 651.3 公克，且其文旦果實具有較高比 例果肉，果肉重為 419.6 公克，果汁量 158.3 公克，對於果品銷售較為有利。

此係由於有機質肥料雖對保肥、保水具有重要功能，但施用高氮有機質肥料難以掌握氮素釋出時機，可能遭遇果實肥大期，影響果實大小，且氮肥過多將造成植株延遲成熟，易有病蟲害，對果實而言會使果實增大且果皮增厚等問題。故建議農友施用基肥時，可選用低氮含量之有機質肥料 (2-2-2)，並以少量化學氮肥進行氮肥補充，可避免文旦果實過大 (Hsu & Liu, 2013)。 栽培管理方面，本場進

行夏季修剪對文旦果實品質影響之研究。宜蘭花蓮地
區因高溫多雨，加上農民果園管理習慣等原因，文旦果實易有黑點病而影響果品外觀。本場試驗於 5 月下旬文旦生理落果結束後進行修剪，剪除果實周邊過多緊密 覆蓋的葉片、乾枯枝、病蟲害枝、纖弱或密生導致果實擦壓傷的枝條等，比較與
未修剪者之差易。調查結果顯示，夏季修剪對於文旦單株果樹之日傷果數與著果數無明顯之影響，對於果實重量、果皮厚度、果汁率與可溶性固形物含量以及糖酸比等性狀之影響並不明顯， 但經修剪處理後可以顯著降低果實的酸度。試驗結果亦顯示，修剪處理可以降低果實外觀顏色的綠色度，但對明度與黃色度的影響並不明顯，黑點病的危害程度則因修剪處理而有明顯的降低。 病蟲害防治上，透

過每個月講習宣導農友安全用藥，並進行病蟲害整合性防
治，推動三年來文旦農藥殘留檢出合格率 97.3%提升至 100%，並連續兩年全轄區 100
%合格，農友文旦果品銷售上、消費者食的安全上更有保障。本場積極推動文旦健

康管理，有效提高良果率，累計推廣 393 公頃，每公頃增加產值 15 萬元，共 5,895 萬元。農藥使用成本為 36,147 元/公頃，減少用藥 20 %，共減少農藥成本 284 萬元。 生產成本約 16 萬元/公頃，降低生產成本 10 %，減少生產成本 629 萬元。三年來，本 場推動文旦健康管理減少農友損失及額外收益達 6,808 萬元。

結　　論

本場過去已針對文旦產區土壤性質改良、肥培管理進行詳細試驗研究，應可供農友於文旦栽培時，作為肥培管理之參考依據。農友應於文旦採收後，施用基肥前一至兩個月採取土壤樣品送至本場分析，以便於冬季進行土壤改良，此時如因開溝、深施資材 (石灰資材或有機資材) 而傷害根系，對植株整體影響較低。基肥施用上應選用低氮含量有機質肥料，並於春肥時以化學肥料補充氮肥，並視植株生長情形酌施春肥，如土壤分析結果顯示磷含量偏高，則勿再施用磷肥，應於開花結果期每個月施用一次溶磷菌以增加土壤中磷肥有效性。

六月上、中旬採取當年春梢非結果枝第三或四片葉，並根據植體分析結果進行追肥 (包括葉面施肥)，適時輔以植物營養劑、液態磷肥等噴施，至採收前 21 天 時停止施用追肥，避免影響文旦果實品質及造成肥料浪費。此外，肥料施用上應 注意元素間平衡，雖磷、鉀肥影響文旦果實品質甚鉅，但若偏施磷、鉀肥易造成 鈣、鎂的不足，營養元素間平衡施用，才能達到最佳的施肥效益。農友如能透過 土壤肥力檢測，瞭解果園土壤性質，藉此進行土壤改良與肥培管理，並依據果園 所處位置之氣候、地理條件，以及植株生長狀況等情形稍作調整，方能達到「合 理化施肥」的精神。

目前有關文旦肥培管理之研究已相當完備，筆者認為針對文旦有機肥培之研究尚有可著墨之處，現今法規中農友可使用未經化學處理之礦石資材作為養份來源，例如磷礦粉、粗製鉀鹽等，其效果與施用時機必然與高磷、高鉀之液態肥料不同，為使種植有機文旦農友有更加詳盡的技術可依循，後續可加強文旦有機肥培管理之研究。此外，筆者認為試驗研究成果落實於農友果園肥培管理的比例仍偏低，為使文旦產業永續經營，應加強教育農友對土壤性質之重視，而非將施肥視為提升品質產量之唯一手段。本場將配合文旦健康管理生產體系持續推動文旦合理化施肥技術，望可在農友收益與環境永續中平衡發展。

參考文獻

1. Lin, S.J. and C. Cheng. 1996. Soil Improvement of Magnesium Deficiency for Wentan Pomelo. Bulletin of the Hualien District Agricultural Research and

Extension Station 12: 45-53. (in Chinese with English abstract)

2. Chiang, Kuo-Chung. 1998. Effect of Potassium Fertilizer on the Quality and Yield of Wentan Pomelo. Bulletin of the Hualien District Agricultural Research and Extension Station 15: 29-35. (in Chinese with English abstract)
3. Chiang, K. C., S. J. Lin, and C. Cheng. 1999. Soil and Fertility Managements for Wentan Pomelo. p. 95-108. *in*: Proceedings of a Symposium on the Management and Marketing of Wentan pomelo (*Citrus grandis* Osbeck) September 9-10, 1998. Hualien, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
4. Perng, Der-Chang. 1999. Effects of Organic Fertilizer Application on Quality and Yield of Wentan Pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck). p. 81-94. *in*: Proceedings of a Symposium on the Management and Marketing of Wentan pomelo (*Citrus grandis* Osbeck) September 9-10, 1998. Hualien, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
5. Liu, Chie-Hsiang. 2015. Effects of liquid phosphate fertilizer applied on Wentan pomelo. p. 28. *in*: 2014 Annual Report of HDARES. Hualien District Agricultural Research and Extension Station. 121 pp.
6. Liu, Chie-Hsiang. 2009. Effects of humic acid on the quality of Wentan pomelo in Hualien area. Bulletin of the Hualien District Agricultural Research and Extension Station. 27: 39-44. (in Chinese with English abstract)
7. Chen, C. T. and C. H. Liu. 2008. Technical manual of Rational Fertilization of Wentan pomelo. 12 pp.
8. Ni, L. F., C. Y. Hsu, C. H. Liu, and C. C. Jan. 2014. Wentan pomelo nutrition diagnosis and fertilization in Hualien area. p. 56-64. *in*: A symposium of the application of soil information database on fertilizer recommendation and amendment of fertilizer manual for fruit and tea crops in various districts of Taiwan. August 28, 2014. Taichung. Taiwan.
9. Ni, L. F. and C. C. Jan. 2008. Establishing the new nutrition diagnosis standard of the soils and the main crops in Hualien area. Research Report of the Hualien District Agricultural Research and Extension Station. (in Chinese with English abstract)
10. Liu, C. H., R. F. Chen, and C. T. Chen. 2009. Technical manual of Organically Cultivation of Wentan pomelo. 47 pp.
11. Liu, C. H., C. Y. Hsu, R. F. Chen, and H. Y. Wu. 2014. Technical manual of Healthy Management Production System of Wentan pomelo. 53 pp.
12. Hsu, C. Y. and C. H. Liu. 2013. Effects of different nitrogen fertilizer types on Wentan pomelo. p. 35-36. *in*: 2013 Experimental Research Seminar of the Hualien District Agricultural Research and Extension Station. November 20, 2013. Hualien. Taiwan.

Review of Researches on Fertility Management for Wentan Pomelo in Hualian Area

Chung-Yu Hsu and Li-Feng Ni
Hualien District Agricultural Research and Extension Station
* E-mail: pudding726@hdares.gov.tw

Abstract

Wentan pomelo is important fruit tree in Hualien area. The cultivation area was 1,372 hectares in 2014, and most were produced in Rueisuei and Yuli Townships, Hualien County, and Dongshan Township, Yilan County. The average yield is over 12,000 kg ha^{-1}. The environment conditions in Hualien were different from Western Taiwan, and the fertility management was one of the key technologies to the quality and yield of Wentan pomelo. The fertility managements for Wentan pomelo were researched by Hualien district agricultural research and extension station (HDARES) since 1990, and effects of soil improvement and fertilization on quality and yield of Wentan pomelo were included. Besides, the environment conditions in Hualien were appropriate organic Wentan pomelo, and the ratio was increased. There were also few researches on organic cultivation for Wentan pomelo. In recent years, effects of different nitrogen fertilizer types on the quality and outward of Wentan pomelo were investigated. In this article, researches on fertility management for Wentan pomelo in Hualian area were reviewed, and the future researches were also suggested.

Keywords: Hualien area, Wentan pomelo, fertility management

荔枝果園營養管理與診斷

Nutrient Diagnosis and Nutrient Management for Lychee Orchards

向為民 [1*]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

*E-mail：Whsiang@tari.gov.tw

摘　要

台灣荔枝的種植面積為 1 萬 1 千餘公頃，為第 4 位的果樹。然而荔枝的生產卻不太穩定，常有大小年現象也容易因氣候因素而嚴重影響產量；礦質營養的不平衡是主要的原因之一。針對荔枝營養狀況進行診斷，用合理的施肥調整營養狀況，讓發育適時地進入相對應的物候期，是提升荔枝管理技術的重要途徑。本文就荔枝的營養管理作了整合性的論述，以期為施肥技術的進展提供參考。

關鍵詞：荔枝、營養管理

前　言

荔枝園的管理著眼於調整樹體的營養狀況，順應環境因素之影響，以求最好的產量與品質。荔枝為常綠果樹，溫度、水、肥適宜的狀況下，枝梢全年皆可生長；結果量少或是沒有結果的果樹，春、夏、秋都可以抽梢，冬梢是否能夠抽出則視環境而定。幼齡荔枝每年抽梢 5~6 次，而進入結果期的荔枝則在夏天收穫後來年結果之前，約有 4~6 個月的時間可供枝條生長與碳素蓄積，待 1~3 次的枝梢抽生成熟後，在冷涼乾燥的冬季氣候下，生長停止進入休眠。冬季足夠的低溫將誘導花芽分化，營養生長就此轉為生殖生長：抽穗、開花、授粉、受精、坐果、果實發育至果實成熟。Wei 等(2013)應用 extended BBCH-scale 將荔枝物候生長階段(phenological growth stages)劃分為：芽、葉、梢的發育；花芽萌出、開花；果實發育、果實成熟，共有 7 個主物候期。然營養生長期於冬季結束而進入靜止狀態的芽體，如果沒有遇上足夠的低溫或是枝梢的條件不足，芽體未能完成花芽分化，則將再復入抽梢的循環。荔枝生產的關鍵，在於能夠適時地發育進入相對應的物候期，此則需要適當的管理。

幼齡期荔枝的營養管理

水土保持措施與植穴處理

荔枝大多栽種在山坡地上，常見土壤被沖蝕的現象；且土壤酸鹼度值偏低，多為強酸性土壤。果樹在坡地上建園，必須以平台階段或是山邊溝的構築來減緩坡度對沖蝕的影響。建園地點如果有相當深的土壤可以考慮平台階段，然而平台階段在構築整地時需注意是否要行表土處理。山邊溝是在坡面上間隔適當的距離，略沿等高方向構築排水溝；適用範圍可達坡度 40%的坡地。坡度在 3~6%的坡地上，大約是每隔 30~20 公尺開一條排水溝，坡度越大溝距越短 (王與吳，1991)。果園除了構築平台階段或是山邊溝之外，土壤的覆蓋對預防沖蝕也相當的重要。全園植草覆蓋或是帶狀植草、割草敷蓋，都是有效的水土保持措施。

酸性土壤 pH 值在 5.0 以下時，膠體上及土壤溶液中的鋁濃度增高的程度，可能危害作物。此外，強酸性土壤磷的固定力強；鈣、鎂、硼容易流失導致含量低落；鐵、錳、銅、鋅溶解性增加，可能會有過剩障礙，也可能因長年淋失而導致其缺乏。因此定植前的土壤調查分析與植穴處理，十分重要。

施肥推薦 荔枝園肥料施用的種類與施肥量，受生長環境條件的影響而有差異。

擬定一

個適合所有果園的施肥計畫是不可能的。幼齡期荔枝主要在於擴大樹冠、養成樹形，此階段所需要的養分，不同於盛果期等其他階段；此時期荔枝年生長的生質量不大，需肥量較低。陳等 (2008)用整株支解法，分析妃子笑荔枝幼齡樹(3 年生)的幹、枝、葉、根 14 個部位的生物量，探討各器官生物量的構成。3 年生妃子笑荔枝整株乾重計有 5,695±210 公克，其中葉片佔 37.9%、側枝 35.4%、主幹 9.1%、根頸 5.0%、根 12.7%。此項研究並未敘明 3 年內荔枝的修剪移除與落葉量。葉片、枝條、根、花器、果實，各組織器官的礦質元素含量，前人也多有調查(郭等，1995、戴等，1995、Menzel et al., 1992)。由生質量推估的需肥量加計修剪移除、施肥效率和土壤供給量，可以做為施肥推薦量計算的參考。

荔枝定植前的植穴處理，已將土壤的酸度以及鎂、鈣、磷和有機質的含量作

了調整。定植後的追肥，一般選擇在首次萌發的枝條上的葉片成熟轉為深綠且枝條轉硬以後進行。幼齡荔枝容易肥傷，施肥要少量多次；且施肥量必須隨樹冠大小與樹勢強弱略作調整。陳(2001)論及黑葉荔枝之肥料用量時，援引農林廳 77 年編印之「荔枝栽培」的各樹齡的施肥量，其定植後 4 年內的施肥量，如表一所示。陳氏指出幼年樹施肥一年可分三次，依全年量分次使用，表列中的單質肥料亦可以台肥 5 號複合肥料代替。Menzel (2002)指出澳洲幼齡荔枝(大造)的施肥方法，第一年每月施用 30 公克尿素，每 3 個月施用 30 公克複合肥料；春季加施禽糞 (fowl manure) 8 公升。樹齡 2 至 4 年則逐年調整尿素以及複合肥料的施用量為 40、60、80 公克，春季依然薄施有機肥。在霜凍易發生地區，秋冬季不施肥料。Zee (1999)則指出澳洲配合尿素施用的複合肥料的要素含量為(單位%)：11.4 N, 4.8 P, 14.6 K, 7.6 S, 4.3 Ca, 1.3 Mg, 0.1 B, 1 Mn, 0.04 Cu, 0.02 Zn, 0.0006 Co。Menzel (2002)指出過量的有機或無機肥料會殺死果苗，尤其是在淺層、排水不良的土壤；施肥的位置建議至少要距離樹幹 20 公分以上，以免肥傷，且以樹冠滴水線外 30 公分為邊際，在樹冠周邊均勻撒施肥料、灌溉。中國荔枝栽培於幼齡期的分次施肥方法推薦「一梢二肥」，頂芽萌動時施複合肥料 30 公克、尿素 25 公克，葉色由紅轉綠時施氯化鉀 20 公克、過磷酸鈣 50 公克；春秋季於樹冠滴水綫下開溝(深 20~30 公分)施有機肥每株 5~8 公斤。以後各年施肥量比前一年增加 40~60%，施肥時間和方法同第一年，施肥次數漸減，到定植後的 3 年起，每年施肥 3~4 次(麥，2006)。

表一、荔枝幼齡樹施肥量(單位：公克／株／年)

樹齡(年)	硫酸銨	過磷酸鈣	氯化鉀
1~2	250	200	50
3~4	500	300	100

結果期荔枝的營養管理 營養管理主要的目標，在於調控果樹在健康生長的營養條件下，避免要素的
缺乏或是毒害的發生。荔枝樹營養不正常的偏高或過度的低落時，症狀將會表現在葉、枝、花、果；然而在症狀顯現之前，可能已經有一段長時間的生產受到了影響。要避免前述現象，唯有持續監測葉片與土壤的營養狀態，維持二者在適當的合理範圍內。多年生果樹的根系，相較於一年生的作物而言，分布在比較深的土壤剖面內；此外園區內土壤的變異也大，一般很難單獨依賴土壤化學性的分析資料做為營養監測或是施肥推荐工具。利用葉片分析診斷作物營養狀態，以其葉片取樣容易且變異較小，而成為較佳的方法。

荔枝葉片要素含量的適宜濃度，是一個相當寬的範圍內，在此範圍內作物的產量和品質大多有良好的表現。不當施肥的效應常常在多年之後才會顯現，然而葉片要素含量一但低於臨界值，也需要多年的時間才能從施肥校正中恢復。

葉片分析 果樹的營養診斷常以「葉片分析」為主要工具，是基於果樹的生長及產量和
葉片中的要素濃度存有特定的函數關係；葉片能夠反映植株營養狀況。但是葉片要素含量的分析數值，則受作物本身條件、取樣時期和取樣部位以及栽培環境的影響而存在變異；因此必須探討葉片要素含量在樹體內、樹體之間、果園內以及

個別果園之間存在的變異，據以擬定取樣方法。確定取樣方法後，進而經由田間施肥試驗與廣泛的果園調查，得到要素濃度與果樹產量的函數關係，用以建議要素含量的臨界值(Critical Value；最大產量的 90%)與適宜濃度範圍(Adequate zone；樹體不存在缺乏或毒害的徵狀)，作為營養診斷之基礎。

果樹栽培雖然有多種不同的營養管理策略，但建立在要素含量臨界值(CV)概念下的，是最為重要與形式簡單的策略之一；用施肥來保證葉片要素濃度超過已經確定為好產量(或好品質)所建議的臨界值。在這種營養管理方法下，葉片分析只是提供一個要素含量是否適合或缺乏的指示，而不是用在施肥操作上、不是用來決定肥料施用量或者是施肥時間的訊息。

黃等(1998)調查中部地區荔枝葉片養分季節性變化以及葉片要素含量與產量之關係，表明花期葉片氮、磷含量與收量相關顯著，且最能反映樹體養分狀態；花期至著果季節養分變化又頗為平穩。建議荔枝營養診斷採養時期以花期為主，採養部位為花(果)穗下方成熟葉片供分析，訂定黑葉荔枝營養診斷葉片要素濃度適量範圍：N，1.50 ~ 1.90%；P，0.12 ~ 0.27%；K，0.70 ~ 1.00 %；Ca，0.60 ~ 1.00 %；Mg，0.30 ~ 0.50%；Fe，50 ~ 100 ppm；Mn，100 ~ 250 ppm；Zn，15 ~ 30 ppm；Cu，10 ~ 25 ppm；B，25 to ~60 ppm。

葉片分析結果，必須搭配葉子的樣態顏色、樹勢和產量的紀錄，作為下一作施肥管理調整上的應用。而實際的施肥，還是取決於樹冠的大小、品種和產量以及土壤等環境的變異。

荔枝定植 3 年以後，開始少量留果，仍舊以樹冠培育為主；逐年增加產量。Menzel (1988)指出葉片與果實中含有的礦質營養水平大部分相同，主要的差異在於果實中鉀的含量大約是葉片中的 2 倍，而葉片中硼的含量大約是果實中的 5 倍。荔枝收穫移除的養份量，中國的報導每 1000 公斤荔枝大約帶走氮 1.356~1.886 公斤、磷 0.318~0.494 公斤、鉀 2.082~2.522 公斤(何永群，2010)；澳洲的調查(Menzel 2002)則是 50 公斤荔枝帶走的養分(公克)：氮 98、磷 22、鉀 120、鈣 12、鎂 21、錳 0.3、鋅 0.4、銅 0.4、硼 0.2 以及氯 28。若能預估產量、樹冠增加或枝條修剪移除的量，這些資料可以作為施肥量估算的指引。

土壤分析 土壤養分含量分析以針對植物可以利用的要素含量為之。以氮素為例，有機

氮的分解速率受土壤環境影響，釋放量難以估算。磷素在土壤溶液中的量相當的低，磷溶夜高於 5ppm 時則發生磷酸鐵或磷酸鋁的沉澱；因此多以淬取的方式測量有效性磷，如 Bray 或 Olsen 的方法。鉀、鈣、鎂等要素多以置換性的方法淬取交換性的要素含量為評估使用。 土壤分析顯示土壤中養分含量的水準，雖然其與作物的營養水平之間，顯著

性的相關難以成立，但是藉由土壤分析可以明瞭果樹是否生長在適合的土壤上，認知土壤的性質，例如酸鹼度、鹽分、養分的平衡，藉以糾正土壤肥力、適時修正管理以避免問題發生。

果園土壤採樣有若干因子必考慮，以期所取得的樣本能代表該園的土壤。表土的分析結果可以視為最近期間施肥的累積與影響的結果，亞表土的分析數據則可能是原有的土壤肥力狀態，或者可以視為長期施肥以及土壤管理的影響下的土壤肥力狀態。粗質地土壤，礦質要素容易自上層淋洗到下層，表土的取樣分析可能低估土壤的肥力。

土壤採樣可以在冬春季節荔枝停梢期，如果能夠在花穗抽出後配合葉片同時取樣是為理想；惟必須避免施肥後的土壤取樣，以免肥料分布不勻影響分析數值。取樣的位置建議在樹幹與樹冠滴水綫的中間。多數狀況下表土就可以估計土壤的肥力狀況；取樣深度 20 公分。澳洲荔枝園土壤要素濃度的推薦範圍為：pH，5.5~6.0%；有機碳，1.0 ~3.0%；EC，<0.20 dS/m；Cl，<250ppm；Na，<200ppm；NO3-N，10 ppm；P，100~300ppm；K，200~400ppm；Ca，1200~2000ppm；Mg，500~1000ppm；Cu，1.0~3.0 ppm；Zn，2~15ppm；Mn，10~50ppm；B，1.0 ~ 2.0ppm。農業試驗所累積在果樹園土壤營養管理的田間經驗，亦有土壤養分適宜範圍的參考值(表二)。

表二、土壤養分適宜範圍

	pH	電導度 mS/cm	有機質 %	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂	交換性鈉
				------------------------.mg/kg.-------------------------					
參考值	5.0-6.8	0.25-0.60	>2.0	20-100	50-250	200-500	1000-3000	50-200	<100

註：pH(土/水：1/1)、EC(土/水：1/5)、有機質含量(比色或灰化法)、有效態 N(2NKCl 淬取)、有效性磷(Bray No.1 或 Olsen)、交換性鉀、鈉、鈣、鎂(1N 醋酸銨淬取)。

施肥推薦

台灣省政府農林廳編印的作物施肥手冊，中部地區 9 年生每公頃 100~120 株種植密度的荔枝園，施肥推薦量(克/株.年)：氮素，300~360；磷酐，200~240；氧化鉀，270~360。施肥時期分為開花後、幼果期以及採收後；50%的氮、磷、鉀肥料在採收後施用，30%的氮、鉀肥以及 50%的磷在開花後施用，剩餘 20%的氮、鉀肥在幼果期追施。澳洲結果樹的施肥量，隨樹齡與樹冠大小的增加，施肥量逐年調整。4 年生的氮、磷酐、氧化鉀用量分別為 180、160、350，逐年增加至 15 年以上的 1,000、600、1,700(克/株.年)。 8~9 年生、樹冠直徑 3~3.5 公尺的高產園的施肥量則是：氮素，410；磷酐，260；氧化鉀，650(克/株.年)；氮肥推薦量與台灣接近，鉀肥則高。中國大陸對盛產期荔枝的施肥，以 100 公斤鮮果產量為計算基準，氮、磷酐、氧化鉀用量分別為 1,800~2,000、750、2,200 公克。施肥時期，澳洲分次施用於春夏作物生長期間；中國大陸則依物候期細分為攻花肥、保果肥、壯果肥、攻秋梢肥、壯梢肥。「攻」以施氮肥為主，「壯」以施鉀肥為主，「保」以施磷、鉀素肥為主。

台灣荔枝常見冬梢發生，不利於次年抽穗。氮肥的控制是關鍵，如果樹勢強健，葉片氮素含量高過 1.8%，荔枝樹無須施氮肥。如果葉片氮素含量低過 1.5%，全年氮肥則應該增施 25%。此外，採收後的施肥，需要根據連續抽梢的次數來決定氮肥用量。抽梢次數 2 次以上的，可將氮肥總量的 40~50%，配合適量的鉀肥，在採收後以及第二梢抽生前分兩次施用；然而只有時間抽一次梢的果園，氮肥用量減半。

荔枝生殖過程消耗大量的養分，開花前蓄積高量的澱粉有助於誘導花芽分化，因此秋梢適時老熟，是生產成功與否的關鍵。枝梢發育成熟所需要的積溫大體是固定的，施肥難以讓枝梢提前成熟；修剪配合施肥與灌溉卻可以有效的讓芽

體萌發，適時地進入秋梢生長的物候期，得使結果母枝適時地成熟。合理的氮、鉀比率的施肥則能夠使枝條粗壯，擁有健康的葉。若能控制氮肥，防止冬梢的擾亂，就能在開花前儲蓄足夠的碳源，保障開花量與花的品質。

花芽萌出期適量的要素供給主要是在補充開花消耗的養分，培養健壯的花穗，然而氮肥如果過量將引發過旺的根的生長，養分的競爭將擴大生理落果的量。花肥以葉面追施補給，可以暫時提升葉片要素的含量，不至於過度施肥。生理落果結束後再轉為地面施肥。

結語

荔枝在不同季節或是不同生長階段，必需配搭不同的之養份供給與水分管理以培養枝條、蓄積養分、優化果品與產量。國內荔枝生產的不穩定，除了氣候災害外，主要原因之一是肥培管理的偏失。

以肥料試驗建立施肥關鍵技術仍需積極進行；除此之外以既定基準，依照各地區果園的特性與施肥缺失，進行管理作業的修正與調整，以求儘速導正施肥缺失也必須同步進行。

參考文獻

1. 王薪傳、吳久雄 1991 主要土壤保育方法實務 土壤管理手冊 中興大學土壤調查試驗中心
2. 連深 1989 植物營養診斷應用上之限制因素及因應 果園作物營養診斷應用研習會專輯 台灣農試所特刊第 28 號 73-79。
3. 黃維廷、黃裕銘、向為民、張明輝 1998 荔枝園營養調查與營養診斷研究 中農業研究 47(4) 388-407
4. 李榮昌 1994 荔枝的主要礦植營養生理與施肥技術 廣西熱作科技, 1994 (1) 14-18
5. 陳菁、樊小林、孫明光 2008 荔枝樹體生物量的構成特點 果樹學報 25(6) 860-863
6. 郭仰楚、戴良昭、童文山、李永霖、王振川 1995 荔枝樹體營養與優化施肥 福建省農科院學報 13(5) 22-26
7. 戴良昭、郭仰楚、謝希堯 1995 蘭竹荔枝礦質營養狀況與化學調控的影響福建省農科院學報 10(1) 48-53
8. 鄭煜基、林蘭穩、羅薇 2001 荔枝營養需求特點及其施肥技術研究 土壤與環境 10(3) 204-206
9. Huang, X.M., and H.B. Chen, 2014, Studies on Shoot, Flower and Fruit Development in Litchi and Strategies for Improved Litchi Production, ISHS Acta Horticulturae 1029 127-136

10. Menzel C. M., 2002, The Lychee Crop in Asia and the Pacific, 2002/16 FAO Thailand
11. Menzel C. M., M. L. Carseldine and G. F. Haydon, 1992, A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee, J. Scientia Hort. (49) 33- 53.
12. Menzel C. M., M. L. Carseldine, D.R. Simpson, 1998, The Effect of Fruiting Status on Nutrient Composition of Litchi (Litchi Chinensis Sonn.) During the Flowering and Fruiting Season. J. Hortic. Sci., 63(3)547-556
13. Reuter, D., and J.B. Robinson, (ed.). 1997. Plant Analysis: An Interpretation Manual（2nd edition）, Csiro Publishing, Australia.
14. Wei, Y.Z., H.N. Zhang, W.C. Li, J.H. Xie, Y.C. Wang, L.Q. Liu and S.Y. Shi, 2013 Phenological growth stages of lychee (Litchi chinensis Sonn.) using theextended BBCH- scale, Scientia Horticulturae 161, 273–277
15. Zee, F., M. Nagao, M. Nishina and A. Kawabata, 1999, Growing Lychee in Hawaii, Fruits and Nuts (2), CTAHR University of Hawaii

ABSTRACT

Nutrient Diagnosis and Nutrient Management for Lychee Orchards

Hsiang Wei-Min
Agriculture Chemistry Division, TARI,COA

In Taiwan the cultivation area of Lychee is more than 11,000 hectares, is the top 4 rank. However its production is not stable, the yield will be affected by abnormal weather condition as well as alternate bearing. These can be changed by a good nutrient management. In this article we discuss the fertilization and nutrient management on Lychee, and we expect to promote technologies to solve problems of fertilization of the crop.

香蕉園的土壤與營養管理

Soil and Nutrition Management on Banana Farm

蔣世超 [1*]、張春梅 [1]、李亞璇 [1]、鍾貴香 [1]

[1] 台灣香蕉研究所

*E-mail: shihchaochiang@yahoo.com.tw

摘　　要

香蕉植株高大，生育期長達一年，在其生長與發育的條件中，能符合壤質土壤、土層深厚、排水良好等土壤條件，復有 25~30℃的氣溫和充足的水源，少量施以適當肥料，即可達到生育正常、產量豐富和品質優良的生產目標；因此，植蕉前作好適作土壤的選擇、生育期中採取有效的土壤、水分與肥料管理，是植蕉成功的關鍵。合理的蕉園肥培管理須認識香蕉的生長特性與營養需求，改善影響肥效的各種因子，以最少的施肥量，達到最佳的生產效益。香蕉的簡易施肥原則為：(1)施用量為特 4 號複合肥料(11-5.5-22) 1.5~2.5 公斤/株/年；(2)種植後一個月開始施用，每月施用百分率分別為總量的 5%、10%、20%、30%、20%、及 15%，每月份量可視天候情況分一至三次施用，抽穗後可免施肥；(3)鉀肥不足的蕉園須於抽穗前增施氯化鉀，施用量視土壤交換鉀量而異，一般推薦量為 400~600 公克/株。香蕉合理化施肥理念及實務的推廣教育仍需加強深化，蕉農可因避免施肥過量與成本降低而受益。

關鍵詞：土壤管理、合理施肥、香蕉、營養管理、

前　　言

香蕉 (*Musa* spp.) 為熱帶多年生大型草本植物，自有記載的歷史即有香蕉的栽培行為。香蕉品種雖多達 300 個至上千個，由於不同地區的香蕉有同名異種及同種異名的問題，在全球一百多個香蕉種植國家的栽培品種僅約一百五十個，種植面積有一千多萬公頃，產量超過一億公噸，是全球第四大糧食作物，許多熱帶國家重要的貿易作物及其人民賴以為生的經濟作物，其重要性相當明確，在 1960 年代，香蕉也曾經是帶動我國家與家庭經濟發展的重要果樹。以外銷為主的香蕉生產國家多屬開發中國家，香蕉進口國則均為已開發國家。因為受到土傳性香蕉黃葉病 (Fusarium wilt)病原菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC)) 第一生理小種(TR1)的嚴重危害，全球香蕉貿易主要品種由五十餘年前的'Gros Michel' (AAA)改變為目前的華蕉系 (Cavendish subgroup, AAA) 品種，爾後，華蕉系中的各商業品種又受到第四生理小種 (TR4) 的侵害，影響範圍已遍及全球產蕉國，選育抗耐香蕉黃葉病品種是香蕉產業最熱門的研究項目之一。台灣香蕉由先民自中國大陸華南地區引進種植已超過二百六十年，均以鮮食為主，目前的主要栽種品種為華蕉中的'北蕉' ('Pei-Chiao')，由'北蕉'組織培養變異株選出的香蕉黃葉病耐病品種：'寶島蕉' ('Formosana')、'台蕉 5 號' ('Tai-Chiao No.5')及'台蕉 7 號' ('Tai-Chiao No.7')。以上品種從植苗到採收約需十一至十三個月，一年一收的栽培生產制度下，香蕉被歸類為一年生的長期作物。

台灣香蕉外銷日本有一百多年的歷史，香蕉在台灣種植面積曾高達五萬二千多公頃，外銷日本最高量超過四十萬公噸。香蕉為台灣少數可週年生產的水果，香蕉外銷產業的盛況雖已成過眼雲煙，但香蕉所提供的健康、可口、方便等消費特性，在台灣大多數民眾日常生活的需求上，仍扮演重要且親切的角色，依賴香蕉增加生活收入的農民亦不在少數。近三、四年來，超商販售條蕉的通路在香蕉內銷市場如異軍突起，蔚為風向，使香蕉需求導向由外銷轉為內銷，為台灣香蕉產業及蕉農生計帶來轉機。有關香蕉栽培管理的研究已累積豐富的資訊，在實務經驗上亦有相當成熟的技術，以下是香蕉園土壤管理與營養管理要點的說明。

蕉園土壤管理 蕉園土壤管理的目的為排除存在

於土壤中不利蕉株生長的各種因子，以營造

有利於蕉株生育的土壤環境，創造植蕉的最大利潤。蕉園土壤管理應從慎選優良的植蕉土壤開始，以收事半功倍之效。

蕉園選擇

香蕉為草本植物，惟株型巨大，生長快速，葉面水分蒸散量大，因此，維持正常生長與生理作用的水分需求量較高，須仰賴豐富的水分供應及分佈深廣的根

系吸收。又，香蕉脆弱的草質根群大部份分佈在地表下 30~45 公分的深度，小部份可穿入較深層的土壤，土壤特性如深度、質地及內部排水等是否適宜，對香蕉根系發育和產量決定具有絕對重大的意義，當植蕉者選擇了土壤特性不佳的農地植蕉時，已註定失去獲得較高產量的先機，即使再多的優良肥料亦無法補救在產量上的損失，因此，選擇良好適宜的土壤是植蕉成功的先決條件。高產蕉園土壤應具備：1.土層深度至少有 60 公分；2.根系分佈範圍的土壤超過田間容水量的時間不應多於 24 小時；3.排除滲漏速率低的黏質及壓實土壤 (Stover and Simmonds, 1991)；4.地下水位離地表至少 100 公分等條件，而以沖積平原、冲積扇、三角洲、河階平台、昔日湖泊地區、海岸平原等肥沃沖積土壤及火山灰土壤所建置的蕉園通常是重要的高產蕉區。香蕉根系對土壤的物理限制因子是相當敏感的，高產蕉園與植蕉壽命長的蕉園都和適當的土壤條件有關。土壤孔隙度、機械阻力、排水、通氣、及有效性水等亦都是蕉園土壤選擇時的考量因素。

土壤質地

在全球香蕉主要產區的熱帶美洲，蕉園建置選擇的首要條件為土壤質地，最佳的土壤質地等級為壤土，其次為輕黏質地，一般適合香蕉種植的理想土壤質地從壤土(Loams)至黏壤土(Clay loams)均可，砂質土壤和黏粒超過 45%的土壤不被推薦作為蕉園使用。依據 Hartman (1929)的研究，’Gros Michel’果串大小和土壤質地呈相關關係，果把數目和果指長度隨土壤黏粒含量增加而減少。高雄、屏東及台東地區的石礫地雖非一般農作的理想用地，只要不是位於低窪浸水地帶，當選擇種植香蕉時，由於排水良好，植株通常高大，產量相對較高，但植株易因扎根及立柱不深而倒伏。土壤質地不佳的蕉園可藉客土或在表土中添加混合適當比例的優質土壤，為改善蕉園土壤質地的可行方法。

土壤深度 土壤深度是保障蕉株水分、養分供應與支持植體的重要因素，蕉園土壤深度

以超過 1.2 公尺為最佳的優先選擇，客進良好品質的適當土壤可為增加土層深度的作法。

土壤排水

土壤排水包含可目視的地表排水狀態及不易察覺的內部排水狀態。良好的排水系統是蕉園建立必備的基本考量與規劃，大面積蕉園的排水設計應包含主排水道、次要排水道及三級排水支道，密集的三級排水支道功能可迅速將大雨後的水量儘速集中並移出園區，避免影響蕉株。排水道的形式可以是建於地表的明式排水，也可以設計埋於地下的暗管式的排水。在輕質地土壤蕉園，為能降低排水道維護的成本，減少土壤流失與塌陷現象，以穿孔的塑膠管深埋地下，集水後流入次要排水道，再進入主排水道，此方式可以減少地表排水道所佔用的空間，增加

5~7%的植蕉面積。在地下水位較高或土壤質地較黏重的蕉園，可採用明式排水道排水，水道內應植草以穩定水道中土壤，避免有流失的現象。小面積蕉園的排水較易設計但常被忽視，通常在整地時確定排水口與周邊排水溝的相對位置，建立地表坡度使能控制地表水向排水口的方向流動即可。

土壤內部的排水能力指土壤藉重力自然排除過多水分的速率，土壤內部排水影響土壤空氣的多寡與交換，短時間可直接影響蕉株的呼吸作用和生理作用，長時間則間接影響蕉株的發育與產量；除了質地主宰土壤內部自然排水能力外，各種不透水層的存在及地下水位的深度亦都是重要的影響因子。為減輕香蕉黃葉病的危害，台灣南部的許多蕉園經營多採香蕉與水稻輪作模式，水稻種植時生成的不透水層如未能在整地時妥善消除，將影響蕉株生長及花芽分化的效率，是導致許多蕉園產量偏低的必然因素。土壤中不透水硬磐層除了影響土壤內部縱向排水外，蕉株根系生長空間受到限制，遇到此一不透水層就無法向下伸展；在土壤乾燥時，地下水亦無法藉由毛細現象向上移動，提供蕉株根系利用。在多雨水季節，雨水蓄積在不透水層上，使表土水分飽和度增加，造成缺氧的厭氣環境，時間愈長，對根系的傷害愈深，不僅施肥效益降低，影響蕉株生長，還會因生長停滯，蕉農誤以為是營養不足現象而施用更多化肥，將使根系問題惡化，加強香蕉黃葉病的發生與嚴重性。因此，不透水層必須在蕉園整地時以大型機具確實深耕打破。長期積水與地下水位偏高都會阻礙香蕉根系向下發展的趨勢，造成「浮頭」現象而易於倒伏。地下水的高水位如維持在地表 120 公分以下，灰斑層在 90 公分以下，始不致對蕉株根群及生育造成不利的影響。蕉園有排水不良的風險時，可以選擇築高畦植蕉，以避免積水對蕉株根系健康的威脅，畦頂離畦底應至少有 30 公分。

土壤給水 香蕉的草質根系分佈淺而廣，在栽培管理中極易因水分管理不當而受傷或感

病。香蕉的需水量大，但又忌土壤水分過高而傷害根群。因此，蕉園水分供應量的多寡與土壤水分含量的控制，在蕉株生育和健康管理上佔有重要的地位。從蒸發散量的研究估算，蕉園在晴天平均每月須供水 100 公釐，幼苗期的植株尚小，供水量相對較少；植後 3 個月，隨著植株生質量的迅速增加，蕉園的蒸發散量大幅增加，水分供應量與供應頻率亦應適度增加。雨季時節可視狀況免去灌溉，初夏雨水尚未來臨前的枯水期長達 5 至 7 個月，是加強水分供應的時期，每週至少供水二至三次，以使根圈土壤保持潮濕為原則，避免過乾與過溼的土壤水分逆境，限制根系的發育和正常生理功能。蕉園設置水分張力計來監控土壤水分時，在根系密集深度 (30~35 公分)的土壤水分張力達-0.2 至 -0.3 分巴時，即應進行供水措施。傳統淹灌(漫灌)的水分供應方式效率最低，管路灌溉的灌溉效率較高且易掌控，省工、省時、省水，可避免傳統灌溉中肥料流失導致分佈不均或土壤過乾與過溼的水分逆境，及黃葉病病原菌隨灌溉水流散佈田間的缺點，軟管噴灌是較常用的灌溉方式。加肥滴水灌溉(Fertigation)則是目前先進蕉園水、肥管理效率最高

的組合。蕉株在蕉苗定植初期、花芽分化期及果房發育期，應特別注重適時與適量的水分供給。肥料施用前後亦應有適當水分供應的配合以提高施肥效益。

土壤分析

有效率作好蕉園土壤管理工作，首要透過土壤分析資料了解各項土壤特性，一般多僅強調化學性的狹義肥力分析。在肥培管理上，多數農民習慣於憑藉直覺、經驗、植體外觀、農友間口耳相傳，或肥料商推荐來決定肥料施用的種類和施用量，能夠自始即瞭解土壤特性，作好施肥規劃，或接受土壤肥料專業人員指導推薦，進行施肥管理者極少。科學而合理的土壤管理與作物施肥，應以土壤理化性測定與作物營養診斷的結果，參考作物實際生長發育情況，作為調整土壤管理與肥料施用量的依據。因此，蕉園土壤理化性的測定、測定結果的分析解釋、依據分析結果提出土壤管理方法與施肥推薦、蕉農對測定分析結果的瞭解、將土壤管理方法與施肥推薦付諸執行、依植體分析與蕉株發育作施肥修正等，為進行蕉園土壤管理與合理施肥的正確步驟與過程，亦為蕉園健康管理推廣教育的內容。蕉園土壤的理化性測定可委託台灣香蕉研究所或地區的農業試驗機關進行分析，土壤管理與施肥量則可由台灣香蕉研究所依據土壤分析結果作初步規劃與推薦。

表土保護

農田土壤養分多集中在表土層，表土是農地精華價值的所在。蕉園在整地植苗初期，蕉苗小而直立，地表裸露面積相對較高，表土常因梅雨及溝 (淹灌) 作業導致表層土壤移動或流失變淺，造成土壤養分的損失，降低土壤肥力強度，此現象是眾多蕉農疏忽的盲點。減少蕉園表土流失的作法是在植畦上鋪以銀色 PE 布保護鬆軟的表土，銀色 PE 布不僅具有保水、保溫、雜草管理及提早抽穗的作用，還可因反光驅離蚜蟲，無農藥避免病毒病傳播，收一舉數得的效果。草生栽培不僅減少土壤和肥料流失，還有保水、保持土壤疏鬆、促進水分及肥料在土壤中快速移動的功能，缺點為雜草管理耗費較多人工。山坡地蕉園則可採取等高線栽培，建立引流堤及植草排水道等措施，以減少表土流失。

土壤酸鹼值

香蕉植株可耐受土壤酸鹼值從 4.5 至 8.5 的寬廣範圍，但其適當的生長範圍為 5.5 至 6.8，多數蕉園土壤具有偏高的酸性，山坡地蕉園更甚。土壤酸性偏高除降低大量元素的有效性外，多有鈣 (＜1200mg/kg) 及鎂 (＜140mg/kg) 缺乏的現象發生，影響蕉果與後熟品質，亦有提升微量元素的有效性導致過量吸收的毒害風險。同時，偏高的土壤酸性提供土傳性香蕉黃葉病病原菌適宜的環境，可能助長香蕉罹病的發生與嚴重性。因此，強酸性 (pH＜5.5) 的蕉園土壤有及時採取矯正措施的必要。調整蕉園土壤酸鹼值多以施用石灰、苦土石灰、蚵殼粉或矽酸爐渣等石灰性資材為主，同時有供應鈣或鎂元素的肥料功效，其中蚵殼粉的價格成本

最低。土壤酸性得以降低係累積長時期施用石灰資材的結果，每公頃施用量因土壤物理、化學及施用資材等性質的差異，可從 2 公噸高至 10 公噸，簡易施用時通常為每公頃 2~4 公噸，每年或每隔一年施用一次，需時一年或數年完成。施用最佳時機與方法是在整地時以大型機具將之與耕犂層土壤充份混合，地表施用的矯正效果較低，至少每三年應犂入一次。山坡地蕉園施用石灰資材時須考慮被雨水流失的問題。

土壤有機質 有機質的添加與累積亦為蕉園土壤管理的重點工作。有機質是影響土壤品質的重要成份，土壤的物理、化學和微生物性質大都和土壤有機質含量有直接與間接的關係。香蕉植株自植苗至採收的一年中快速產生了數千至上萬倍於蕉苗的生質量，果串採收移出後的殘株約佔總生質量的四分之三至六分之五，尤以葉柄與葉鞘含有高量的纖維質，留置田間分解後可為有機質的供應源與後作的營養源，經營數年的蕉園土壤有機質累積現象顯示，蕉株殘體在蕉園養分循環上佔有相當重要的份量(圖一)(Chang, et al., 2009)。

有機質肥料的施用為增加土壤有機質含量的另一途徑。從土壤保育與地力維護的觀點，使用有機質肥料為長期性的農地投資，以改善土壤品質為主要目的，養分供應僅為其附加功能。蕉株旺盛的養分吸收能力仰賴其有健全發展的根系，施用化學肥料可提供大量快速的營養成份，仍需依賴優良的土壤物理條件，如土壤構造與土壤水分的配合，以發揮最大肥效。對長期作物的香蕉而言，為延長蕉園的植蕉壽命，施用有機質肥料應以追求其對土壤物理性質的改善效果為出發點。有機質肥料的施用量均以噸計，投入金額在農業經營成本上佔相當大的比例，復以有機質肥料的種類繁多，品質互異，價格相當懸殊，常令農民有無所是從之感。有機質肥料的選用當以腐熟、長效、廉價、無二次公害為基本原則，配合化學肥料減量、適量的施用，即可達到增產、保育與改善品質的三重目的。有機質肥料可提供作物所需之部份養分，故在化學肥料之用量上可酌情減少，以降低無謂的成本支出。

台灣蕉園土壤的有機質含量多在 1~2%之間，有機質肥料的施用量，視其原料種類與土壤性質而定，一般在每年每公頃 4~8 公噸左右，以每公頃植蕉 2,000 株的密度計算，每株平均僅 2~4 公斤，營養供應及土壤改良效果極為有限。蕉園有 機質肥料亦有每公頃施用 20 公噸或更高者，以色列蕉園每公頃的農場堆肥(FYM) 用量多高達 100~500 公噸，蕉園植蕉壽命通常為 7~10 年。每公頃施用農場堆肥 80 公噸，在不施化學肥料的情況下，可增產 33% (Lahav, 1973b)。有機質肥料應於蕉苗定植至少 15 天前，在整地時作基肥施用，使與植畦土壤均勻混合，可充份發 揮有機質肥料在營養供應與土壤改良上的功能。

有機質肥料也可於中耕時，在蕉株單側或雙側開溝，施入後覆土作追肥使用。前作殘留的假莖枯葉或當期作的綠肥作物，可於開溝施肥同時，一併移入溝內掩

埋，促進腐化。開溝宜深，俾擴大有機質肥料和土壤的接觸面積，提高有機質的土壤改良效果，縮短有機質與香蕉根系間的距離，促進根系對養分的吸收。中耕開溝施用有機質肥料的缺點是可能導致蕉株根系的機械傷害，有利於黃葉病病原菌自傷口入侵。地表直接施用的有機質肥料宜經常保持適當的濕潤狀態，避免裸露乾燥，可促進土壤微生物與腐植質的活性。有機質肥料宜長期施用，且和土壤充份混合，始能發揮其對蕉株在生育、產量和品質上的實質功效。

香蕉營養管理

台灣有亞熱帶的氣候環境，雨量充沛，月均溫度 25-30℃，陽光充足，香蕉生長在排水良好的土壤，植株高大，多在 2.6 公尺至 3.6 公尺之間，植株生質量累 積迅速，予人以香蕉具高養分需求的屬性，蕉農的認知和習慣偏向長期高量的肥 料供應，唯恐養分供應不足影響植株的生育，造成產量和品質上的損失。事實上， 香蕉自種植至採收所吸收的主要營養元素總量不及總生質量的百分之一，部份營
養來源須依賴肥料施用以補充。反而是香蕉植株的平均水分含量則高達百分之九十以上，適當的土壤水分供應才是促進根系有效吸收土壤養分的關鍵。合理的肥料施用量配合適時適量的水分管理是滿足蕉株正常生長需求的重要因子。

香蕉營養需求 蕉園可供給天然養分的來源包含土壤礦物質、土壤有機質、動植物殘體、大
氣、灌溉水等，以上養分來源的有效總量不足蕉株維持正常生育需求時，必須透過施肥措施予以補充。香蕉生育期中所吸取的養分僅有果實的部份是在採收後被移出園區，其餘均以殘株形態留存園內，可經分解釋出進入養分循環途徑供後作利用，後作的施肥量通常以移出量作為補充之參考。各養分元素留存園內的比例不同，在鮮蕉年產量 50 公噸/公頃的蕉園中，以 N、P、K、Ca、Mg、S 等六種大
量元素及微量元素 B、Cu 的移出較多(表一)，所應補充的施用量亦相對較多，但須扣除上述來源可供應的有效量，故蕉園每年所需施用的肥料量實際上並不多。香蕉在生長過程中，先由根部吸收各種必要的大量元素，再以不同的分配比 例輸送至各器官；在不同的生育階段，各器官的元素濃度表現部份增加、部份減少或無明顯增減的複雜現象，但從不同香蕉種植地區所得到的變化資料均顯示相似的型態 (Montagut, et al., 1965；Twyford and Walmsley, 1974II)，即各大量營養元素的吸收量有隨生長以不同速率呈接近直線增加的趨勢 (Twyford and Walmsley, 1974III)。不論各器官內的養分濃度如何改變，針對 ’Robusta’ (AAA) 高產蕉園蕉養分吸收的研究顯示，生長一年包含果串的香蕉植體五種大量元素的總含量以等量肥料 (Equivalent fertilizer)表示，分別為 N 150.5 公克、P_2O_5 40.7 公克、K_2O 561 公克、CaO 158 公克及 MgO 99 公克，總計約僅 1.0 公斤 (Twyford, 1967)。

氮元素在香蕉植體中沒有貯藏的作用，施氮可促進生長，但如有其它抑制生

長的因子存在時，氮的吸收同時停止。一般而言，氮肥施用量每株每年供應100~170 公克已足夠維持正常生育和產量 (Hernandez, et al.,1981)，多施反導致減產 (Langenegger, 1982)，並延長果實成熟期間 (Fox, 1989)。高劑量氮肥對促進香蕉生長的效果不如低劑量而注重灌溉的效果 (Holder and Gumbs, 1983)。此外，香蕉吸收過量的氮將因鉀元素不足及 NH_4-N 累積導致後熟品質上發生斷指的缺陷

(Martin-Prével and Montagut, 1966b)。 香蕉為嗜鉀性的作物，植株的全鉀含量是

全氮含量的 3~4 倍。對新植組織培

養蕉苗而言，鉀肥吸收率最高的時期是發生在營養生長期的前半段，元素鉀在植體中經再分佈後以利往後乾物質的累積。當鉀肥供應充足時，營養生長期的後半段吸收大量的鉀，對蕉株的成熟過程有特殊的作用。當蕉株抽穗後，即使鉀肥的供應豐富，鉀元素的吸收量減少 (Fox, 1989)。當植體中鉀含量不足時，氮、磷、鈣、鎂、鈉、錳、銅、鋅等元素送至導管的移轉作用受阻；當低鉀導致香蕉總乾物質減少一半時，受影響最大的器官是果串，可減少 80%，且變脆易折，果指細而不飽，但對根系則無影響 (Turner and Barkus, 1980a)。香蕉缺鉀最明顯的葉部徵狀為老葉先行黃化，繼而乾枯，中肋前端呈向下彎曲狀，葉片變小，壽命減短，花芽分化延後，果指數及果把數減少，尤其是果指變短，終致減產 (Lahav, 1972)；缺鉀的另一特徵是葉片間距變小呈簇生狀。除生長和產量受影響外，香蕉鉀含量增加時還可增加糖酸比 (Vadivel and Shanmugavelu, 1978)，鉀元素對香蕉果實品質的影響勝過對產量的影響。鉀元素可改善香蕉產量及品質 (朱，1963；Twyford and Walmsley, 1974IV)，氮元素則無此效果 (Langenegger, 1982)；相對重要性較低的氮肥施用過量會導致較重要的鉀元素吸收量減少 (Melin, 1970；Langenegger and Smith, 1988)，故香蕉的肥培管理特別以鉀肥的充份供應為重點。

和氮、鉀比起來，香蕉對磷的吸收量相對甚低，對磷的反應亦較遲緩，磷肥施用在多數土壤中對香蕉的效果並不明顯。葉部磷含量約為 0.18%，由於在植體中容易移動，除新植蕉苗外，缺磷現象極少在田間發生。因此，在施肥管理上亦不強調。鎂的供應不足將減少香蕉根系對土壤磷的吸收、降低植體磷的吸收達19% (Martin-Prével, 1978；Turner and Barkus, 1983a)，和磷在植體中向上移轉的能力 (Martin-Prével, 1978)。

鈣和鎂也是香蕉需求較多的營養元素，其重要性卻因過份強調三要素而忽略，幾乎無人為了營養需求的理由施用鈣和鎂肥料。鈣在香蕉植體中不易移轉，鈣的吸收量和乾物質的累積有關。砂耕蕉株缺鈣時的徵狀為新葉葉脈接近中肋部位變得粗厚，約 10 天後葉脈間近葉緣處產生褐化，進一步向中肋發展為鋸齒狀的外觀 (Martin-Prével and Charpentier, 1963)。鈣缺乏的另一重要特徵為新葉葉片變形或消失，成為針狀葉(Spike leaves)，此為春暖時節蕉株迅速生長並大量施用鉀肥所產生暫時現象，其葉片鈣含量為正常之半 (Stevenson, 1980)。台灣山坡地酸性缺鈣土壤蕉園中亦最常見，短時間以後的新葉就恢復正常。缺鈣植株的果實品質不佳，且在後熟階段易有裂果缺陷。產期落在四月至六月間的台灣春蕉偶有果

肉硬心 (Banana rubberiness)的後熟缺陷發生，應與果肉中鉀鈣比偏高有關 (蔣等，2006)。由土壤鈣有效性指數(Ca / K+Ca+Mg)與華蕉植株鈣含量關係所計算出的適當土壤交換性鈣為 0.7meq/100g (Lahav and Turner, 1983)。

鎂缺乏現象多發生在 10 至 20 年未施鎂肥或施用高鉀量的老蕉園中，其葉部徵 狀有幾種情形：葉緣黃化並向中肋發展、葉序改變、葉柄呈紫色斑駁狀、葉緣褐 化、及葉鞘與假莖分離，田間常見的徵狀為老葉葉緣與中肋間白化。鎂吸收量和

乾物質的累積無關，但和土壤中交換性鎂濃度呈等軸雙曲線的關係 (Lahav and Turner, 1983)。缺鎂所導致的減產和植體其它部位生長的減少成比例，但缺鉀所造成果房的變小則更甚於植體其它部位生長的減少 (Lahav, 1970；Turner and Barkus, 1980a)。氮與磷、鉀間及鉀與鈣、鎂間所存在的拮抗現象同樣也在香蕉植體上發生。

香蕉肥料 新植蕉園的肥料三要素施用比例隨種植地區的土壤差異、種植密度及產量目

標而有不同的推薦，加勒比海地區的 9-9-35 (Twyford and Walmsley, 1974IV)，以色列的 6-1-9 (Yair, Personnal communication)，格瑞那達的 11-11-33 (Twyford and Walmsley, 1974IV)，及夏威夷的 13-3-37 (Nelson)，台灣則推廣 11-5.5-22 的香蕉複合肥料超過四十年。香蕉的需鉀量高，台灣蕉園土壤的交換性鉀普遍偏低，因此，除了推薦施用的複合肥料外，還鼓勵蕉農參考土壤分析報告，酌量額外施用鉀肥以作補充。

蕉園合理施肥

「不足增施，過量減施」是合理化施肥的基本精神；適時、適量、適地、適肥、適法為合理化施肥的原則。合理的肥料施用不但可有效促進蕉株的正常生長，提升作物的產量和品質，還可減少能源的浪費，緩和土壤劣化及地球暖化的趨勢。推薦於蕉園施用的化學肥料以特 4 號複合肥料 (11-5.5-22)為主，使用簡單 方便。依據不同香蕉品種的肥料試驗結果顯示，在土壤條件正常、未施用有機質 肥料、水分適當供應且無不利的氣候因子，如雨水過多、溫度偏低等逆境的情況 下，香蕉組織培養蕉苗或吸芽苗自種植至採收僅以特 4 號複合肥料為養分補充來

源時，1.5~2.0 公斤的用量相當於每年每株提供氮 165~220 公克、磷酐 82~110 公 克、及 氧化鉀 330~440 公克，即可得到每株 18~35 公斤的果串重，視品種及季節 而異 (蔣等，1996；1998；1999)。

每年三月至五月是台灣種植高品質香蕉的最佳時機，也是香蕉外銷的旺季；以南部平地蕉園三至五月植蕉的肥培管理為例，組織培養苗在定植一個月後或吸芽苗在新葉長出後，進行第一次施肥作業，視天氣晴雨每月施用 1~3 次，施用量 隨植株的成長逐漸增加，在種植三至四個月後的花芽分化期間達到最高量。全期

肥料量分六個月在抽穗前後施用完畢，每月施用量分別為總量的 5%、10%、

20%、30%、20%及 15%，即 75-100 公克、150-200 公克、300-400 公克、450-600 公克、300-400 公克、及 225-300 公克。肥料施用的位置在離假莖 15 (幼苗期) 或 30 公分 (中株期)外的四周作全面撒施，施肥後，能以表土將肥料略作敷蓋較佳，或 實行草生栽培可防止雨水流失，延長肥效。蕉株在抽穗後由於營養生長終止，可 停止施肥，將部份人工集中於葉片保護及水分管理，以確保果房正常發育。規劃 下一代的宿根栽培時，可於母株抽穗時選擇一「葫蘆頭，筆仔尾」的健壯吸芽為 其子代，果串採收後，保留母株殘留的假莖，高度約 1.5 公尺，作為子代養分立即 有效的供給來源。宿根蕉株可酌情減施肥料，施用組織培養蕉苗或吸芽苗蕉株施 用量的三分之二至四分之三。非在上述時段內植蕉及山地蕉園的施肥因蕉株受氣
溫和水源的影響，如八月至十一月植蕉時，蕉株在冬季低溫及雨水不足的情況下，營養生長期和花芽分化期長達 8 或 9 個月，施肥頻率和每次施用量則宜依當地 氣候、植株生育及水分供應狀況作適當調整。

為提高肥效，避免肥料流失，在雨量充沛的季節或輕質地、低肥力的砂質土壤蕉園進行肥培管理，應把握少量多施的原則。肥料施用的適當時機，以土壤濕潤時為宜，亦即在灌溉或雨後行之，或在施肥後行短時間噴灌。蕉園灌溉以噴帶灌溉較傳統溝灌和淹灌更有效率，不僅可經常保持潮濕狀態的土壤，提供蕉株根系穩定而良好的生長環境，並提高肥效，節省水、電、人工及時間等生產成本，減少肥料及表土流失。對於輕度感染香蕉黃葉病的蕉園，更可因土壤含水量的有效控制，降低帶病原菌土壤隨灌溉水移動的機會，延緩黃葉病在蕉園內的蔓延。加肥滴水灌溉是目前最有效率的蕉園水與肥供應方式，採取兩年三收栽培模式的香蕉收益可以彌補灌溉設施的高成本而獲益。

結　　論

香蕉是中年以上國人印象最深刻的台灣水果，營養可口，物美價廉，一向受到種植者與消費者的喜愛。適合香蕉正常生長的自然條件為：氣溫高、雨水足、土層深、排水好、肥力佳；妥善的蕉園栽培管理是為了提升香蕉的生產潛能及維護蕉果的優良品質。長久以來，蕉農管理蕉株與蕉果的技巧都已嫻熟自如，但在觀念和認知上仍有加強及補充的空間，部份蕉園土壤管理和營養管理的內容即是值得探討與溝通的議題。蕉園的土壤管理原則與方法和其它作物的田區管理相近，只是受到重視的程度不高，例如土壤水分管理是影響肥效的關鍵因子，往往偏廢。在營養管理上則須要了解蕉株的生育階段與養分需求，一般而言，蕉農的共同心態依舊是擔心營養不足，肥料寧可超施以求安心。總之，香蕉生產的土壤品質教育和合理化施肥概念仍待加強，我們期待新一代蕉農的接棒，則傳承香蕉產業後繼有人。「土壤管理有機化，施肥管理合理化」是蕉園生產管理的基本理念。

參考文獻

1. 蔣世超、張春梅、陳美珍. 1996. 氮肥施用量對北蕉生育、產量與品質之影響. 中國園藝 42(1)：68~77.
2. 蔣世超、陳美珍、張春梅、柯定芳. 1998. 四號複合肥料(11-5.5-22)用量對台蕉二號生育、產量和後熟品質之影響. 中國園藝.44(2):180-188.
3. 蔣世超、張春梅、陳美珍、柯定芳. 1999. 台肥四號複合肥料(11-5.5-22)適用量對中矮性抗黃葉病香蕉品系 TC1-229 生育、產量和後熟品質之影響. 中國園藝 45(3):255~262.
4. 蔣世超、張春梅、陳美珍、柯定芳. 2006. 香蕉硬心發生原因與預防-從礦物營養的觀點. 臺灣園藝. 52(3):263~276.
5. Chang, C. M., C. P. Chao, S. N. Huang, and S. C. Chiang. 2009. Fusarium wilt incidence, growth, yield, and post-harvest quality of banana as affected by organic farming system in Taiwan. International ISHS/ProMusa Symposiumn, Global Perspectives on Asian Challenges, Guangzhou, China. Sept. 14-18, 2009. 413-420.
6. Charpentier, J. M. and P. Martin-Prével. 1965. Major and minor nutrient deficiencies in banana. Fruits. 20:521-557.
7. Fox, R. L. 1989. Detecting mineral deficiencies in tropical and temperate crops. In Plucknett, D. L. and Sprague, H. B. Westview Tropical Series 7. Westview Press, Boulder, Co.
8. Hartman, A. N. 1929. Biometrical studies of the ‘Gros Michel’ bananas. The bunch: variation of weight and its component parts; relationship with underlying and component parts. United Fruit Co. Res. Bull: 18.
9. Hernandez, T., F. Robaina, and T. Garcia. 1981. Study related with nitrogen levels in banana (*Musa sapientum*) var. 'Giant Cavendish' (Victoria). Soils and Fertilizers. 46(5):4823.
10. Holder, G. D. and F. A. Gumbs. 1983. Effects of nitrogen and irrigation on the growth and yield of banana. Tropical Agric (Trinidad and Togabo). 60(3): 179-183.
11. Langenegger, W. 1982. Nitrogen nutrition of ‘Dwarf Cavendish’ bananas in South Africa. The Third Meeting of the International Group on Mineral Nutrition of Bananas, CSFRI, Nelspruit, Republic of South Africa.
12. Langenegger, W. and B. L. Smith. 1988. Nitrogen requirements of banana in South Africa. Fruits. 43:639-643.
13. Lahav, E. 1970. The role of plant analysis and metabolic indicators in the determination of potassium levels on the banana plant. PhD Thesis. Hebrew University of Jerusalem, Israel.
14. Lahav, E. 1972. Effect of different amounts of potassium on growth of the banana.

Tropical Agric. 321-333.

15. Lahav, E. 1973b. Effects and interactions of manure and fertilizers in a banana plantation. Israel J. Agric. Res. 23:45-57.
16. Lahav, E. and D. W. Turner. 1983. Banana Nutrition. Bull. 7. Intl. Potash Ins. Worblau-Bern, Switzerland.
17. Martin-Prével, P. and J. M. Charpentier. 1963. Culture sur milieu artificiel. Symptomes de carences en six elements mineraux chez le bananier. Fruits. 18:221-247.
18. Martin-Prével, P. and G. Montagut. 1966b. Essais sol-plante sur bananiers. 8.Dynamique de l'azote dans la croissance et le dévelop. ement du végétal. 9.Fonctions des divers organes dans l'assimilation de P, K, Ca, Mg. Fruits. 21:283-294. and 395-416.
19. Martin-Prével, P. 1978. Effects of magnesium and potassium nutrition on phosphorus uptake and redistribution in a cultivated plant, *Musa* sp. In Plant Nutrition. 1978: Proc. 8th Int. Colloq. on plant analysis and fertilizer Problems. 329-338. Auckland, NZ.
20. Melin, Ph. 1970. The effects of heavy mineral applications on bananas. Fruits, 25(11):763-766.
21. Montagut, G., P. Martin-Prével and J-J. Lacoeuilhe. 1965. Nutrition minerale comparée dans six essays. Fruits. 20:398-410.
22. Nelson, S. www.ctahr.hawaii.edu/nelsons/banana/ripeningbunchmanagement.pdf.
23. Stevenson, D. R. G. 1980. Low calcium levels in bananas produce dog-eared leaf and leaf browning. Banana Bull. 44:4-5.
24. Stover, R. H. and N. W. Simmonds. 1991. Bananas. (3rd ed.) Longman Scientific and Technical. 468 pp.
25. Turner, D. W. and B. Barkus. 1980a. Plant growth and dry matter production of the 'Williams' banana in relation to supply of potassium, magnesium and manganese in sand culture. Scientia Hortic. 12:27-45.
26. Turner, D. W. and B. Barkus. 1983a. The uptake and distribution of mineral nutrients in the banana in response to supply of K, Mg and Mn. Fert. Res. 4:89-99.
27. Twyford, I.T. 1967. Banana nutrition: a review of principles and practice. J. Sci. Food Agri. 18:177-183.
28. Twyford, I.T. and D. Walmsley. 1974. The mineral composition of the 'Robust' banana plant. II. The concentration of mineral constituents. Plant and Soil. 41:459-470.
29. Twyford, I.T. and D. Walmsley. 1974. The mineral composition of the 'Robust' banana plant. III. Uptake and distribution of mineral constituents. Plant and Soil.

41:471-479.
30. Twyford, I.T. and D. Walmsley. 1974. The mineral composition of the 'Robust' banana plant. IV. The application of fertilizers for high yields. Plant and Soil. 41:493-508.
31. Vadivel, E. and K. G. Shanmugavelu. 1978. Effect of increasing rates of potash on the quality of banana cv. 'Robusta'. Potash Rev. 24:1-4.

表一、在年產量 50 公噸/公頃蕉園中各種營養元素之平均移出量與留存量。

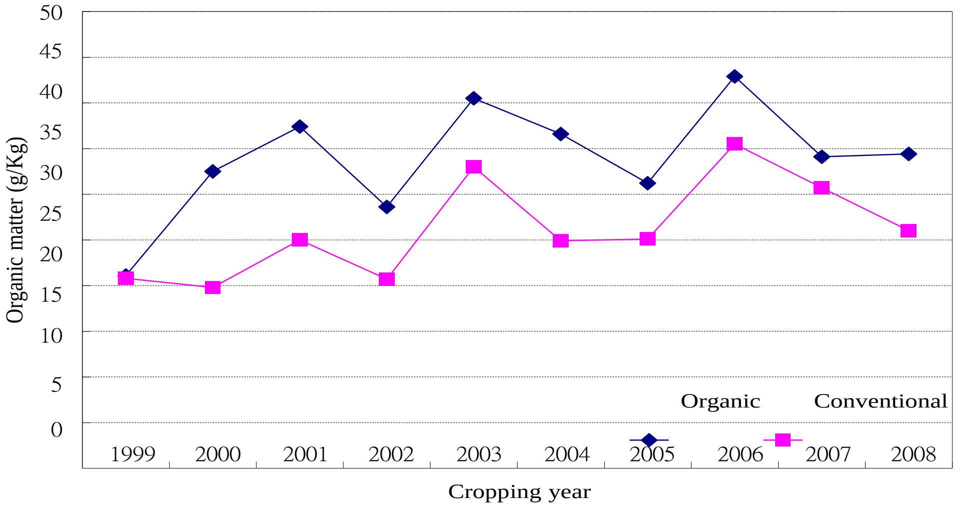
Table 1. Average amount of nutrients (kg/ha) in banana plantation yielding 50 t/ha.

營養元素	果實移出量 (公斤/公頃)	植體留存量 (公斤/公頃)	總量 (公斤/公頃)	移出率 (%)
氮	189	199	388	49
磷	29	23	52	56
鉀	778	660	1438	54
鈣	101	126	227	45
鎂	49	76	125	39
硫	23	50	73	32
氯	75	450	525	14
鈉	1.6	9	10.6	15
錳	0.5	12	12.5	4
鐵	0.9	5	5.9	15
鋅	0.5	4.2	4.7	12
硼	0.7	0.57	1.27	55
銅	0.2	0.17	0.37	54
鋁	0.2	2.0	2.2	9
鉬	-	0.0013	-	-

來源：Tropical Banana Information Kit, Agrilink Information Unit, DPI, Queensland, Australia

圖一、有機蕉園和慣行蕉園土壤有機質含量變化情形

Fig. 1. Temperal variability of soil organic matter on organic and conventional banana farm



Soil and Nutrition Management on Banana Farm

Shih-Chao Chiang[1*], Chun-Mei Chang[1], Ya-Hsuan Li[1], and Gui-Xiang Zhong[1]

[1]Taiwan Banana Research Institute

[*]Email:shihchaochiang@yahoo.com.tw

Abstract

Banana (*Musa* spp.), being an annual giant herbal crop, requires loamy-textured soil with at least a depth of 60 cm and good drainage, a temperature of 25~30℃, ample water supply, and proper fertilization to reach the goals of vigorous growth, good yield, and quality of banana. Therefore, the key points to a successful banana production are to start with a selection of adequate soil before planting, and then to continue with good soil, water, and fertilization management during plant gowth. To proceed with a proper fertilization on banana farm, banana growers are also required to have the knowledge in growth traits and nutrition needs of banana, to eliminate efficiency-inhibiting factors associated with fertilizer to achieve a maximum production efficacy. Brief guidelines for banana fertilizationis are provided as follows, 1. Compound fertilizer No. 4 (11-5.5-22) at 1.5-2.5 kg per plant per year is recommended. 2. The first application starts at one month after seedling planting. Monthly application rate is 5%, 10%, 20%, 30%, 20%, and 15% of total amount, respectively, each of which could be divided into 1 to 3 dosages depending on weather condition. No fertilizer is needed after bunch emergence. 3. Banana farm soil with low exchangeable potassium is encouraged to supplimented with potassium before shooting. Four to six hundred grams of potassium chloride per plant in two or three applications is recommended. In addition, the banana growers are still in need of conceptual and practical extension education on how to do a good job on banana fertilization. In this way, the banana growers would be able to benefit from avoiding overfertilizationa and reduction in production cost.

Keywords: *Musa*, Nutrition management, Rationalized fertilization, Soil management

復耕番荔枝果園之肥料試驗

Fertilizer experiment on rehabilitated orchard of custard apple

張繼中[1*]、廖勁穎[1]、黃文益[1]、盧柏松[1]

[1]行政院農業委員會臺東區農業改良場

[*]E-mail：720@mail.ttdares.gov.tw

摘　　要

臺東縣太麻里鄉約 200 公頃番荔枝果園於 2009 年莫拉克颱風時遭流失埋沒，果園於 2011 年復建，而復建之土壤多為沖積砂土或河床土，致果園土壤有機質含量多在 1%以下，當土壤有機質含量低於 2%時，影響土壤理化性，導致作物生長受阻。因此本場於復耕番荔枝果園進行肥料試驗，期望能改良土壤，加速番荔枝苗木生長。復耕番荔枝果園施用有機質肥料及化學肥料後，土壤有機質含量顯著高於只施用化學肥料之處理，番荔枝植株生長速率雖無顯著差異，但仍以有機質肥料配合化學肥料之施用生長情形較佳。施用混合有機質肥料處理之單株產量顯著優於只施用化學肥料處理，且不論有無施用混合有機質肥料，其單株產量有隨著化學肥料之增加而上升之趨勢，因此當土壤有機質含量偏低時，可增施有機質肥料進行改善，考量成本因素，建議復耕番荔枝果園可施用混合有機質肥料 10 公升/株及台肥 1 號複合肥料 3 或 4 公斤/株/年，可提升土壤有機質含量及促進番荔枝苗木生長。

關鍵詞：復耕、番荔枝、肥料試驗

前　言

作物藉由施肥補充所需養分如同人類飲食，過量與不及皆容易引起健康問題。臺灣農民長期追求高產量的心理，容易養成過量的施肥習慣，因而使土壤受到破壞，土壤酸化及有機質含量偏低等問題十分普遍。因此，要落實作物健康管理，要先做好土壤健康管理，使土壤環境得以改善並提升施肥效率，生產健康且高品質的農產品。土壤有機質為評估土壤健康的重要指標之一[4]，土壤有機質可增加土壤對酸鹼的緩衝能力、促進土壤團粒化作用、增加土壤保水能力、提高土壤保肥能力及肥料有效性[6,7,8]。因此，當土壤有機質含量低於 2%時，土壤地力將受到影響。而有機質含量偏低可藉由土壤改良資材的使用獲得改善。土壤改良資材大致可分為有機及無機兩類，無機的土壤改良資材有苦土石灰、蛭石等，而有機的土壤改良資材則有稻稈、堆肥等。有許多試驗報告顯示施用土壤改良資材對土壤及作物生產有正面的效果，如蔡等[2]試驗結果施用蔗渣木屑堆肥、有機液肥及苦土石灰可增加洋桔梗之花梗長度及花苞數。施用堆肥可增加土壤營養元素含量[5]。由上述研究結果顯示，土壤改良資材對於改善土壤環境及作物生產都有正面的效果，因此本文將介紹因莫拉克颱風導致有機質含量偏低之復耕番荔枝果園施用有機質肥料試驗結果，並做為番荔枝果園土壤健康管理之參考。

材料與方法

(一)復耕番荔枝果園肥料試驗處理方法

本試驗以臺東 2 號番荔枝 1 年生苗木為供試材料，於太麻里鄉復耕番荔枝果園進行肥料試驗，處理項目分為 1.混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(代號 10OF+4CF)；2.混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 3 公斤/株/年(代號 10OF+3CF)；3.混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(代號 10OF+2CF)；4.混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(代號 20OF+4CF)；5.混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 3 公斤/株/年(代號 20OF+3CF)；6.混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(代號 20OF+2CF);7. 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(代號 4CF);8. 20-5-10 複合肥料 3 公斤/株/年(代號 3CF);9. 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年（對照組，一般推薦用量，代號 2CF）等 9 處理。化學肥料分 6 次施用，平均每 2 個月施用一次。田間試驗採逢機完全區集設計，3 重複，每重複 20 株，每處理 60 株。

(二) 土壤及植體分析

1.土壤分析：每小區採取 2 點表土 0-20 公分之土壤，並充分混合後進行土壤分析。

2.植體分析：番荔枝於果園施用化學肥料之前及採收果實後，採取植體樣品進行分析，每小區採取 30 片非結果枝之第 3 或第 4 葉進行植體分析。

上述土壤及植體分析方法依據臺灣省農業試驗所 1981 年第 13 特刊張愛華發表方法進行分析[(1)]。

(三)植株生育及單株產量調查方法

1.植株生育調查:於 2012 年 5 月開始調查植株生育情形，每月量測植株主幹直徑。

2.果實產量調查:2012 年及 2013 年未有果實生產，於 2014 年 12 月 9 日採收單株所有果實，調查單株產量。

結果與討論

(一)肥料對復耕番荔枝果園土壤之影響

土壤分析結果顯示(圖 1～圖 3)，土壤有機質含量、有效性磷、交換性鉀含量皆呈逐年上升的趨勢，土壤有機質含量由 2012 年的 0.3%提升至 2015 年的 1.1～1.77%，有效性磷含量由 2012 年的 6.8mg/kg 提升至 2015 年的 111.4～140.7mg/kg，交換性鉀含量由 2012 年的 40.2mg/kg 提升至 2015 年的 120.2～147.4mg/kg。2015 年分析結果顯示所有處理之土壤有機質含量已達 1%以上，其中以混合有機質肥料施用量 20 公升/株並施用 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(20OF+2CF)處理最高(1.77%)，只有混合有機質肥料施用量 10 公升/株並施用 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(10OF+4CF)處理無顯著優於只施用 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(4CF)處理者，其餘施用混合有機質肥料處理之土壤有機質含量皆顯著優於只施用化學肥料處理；而土壤有效性磷及交換性鉀含量則無顯著差異，但有隨著化學肥料之增加而上升之趨勢。由上述結果顯示在土壤有機質含量偏低之果園施用化學肥料時，有機質肥料施用量不會影響土壤有效性磷及交換性鉀含量，但高於只施用化學肥料之處理，且可增進土壤有機質含量。

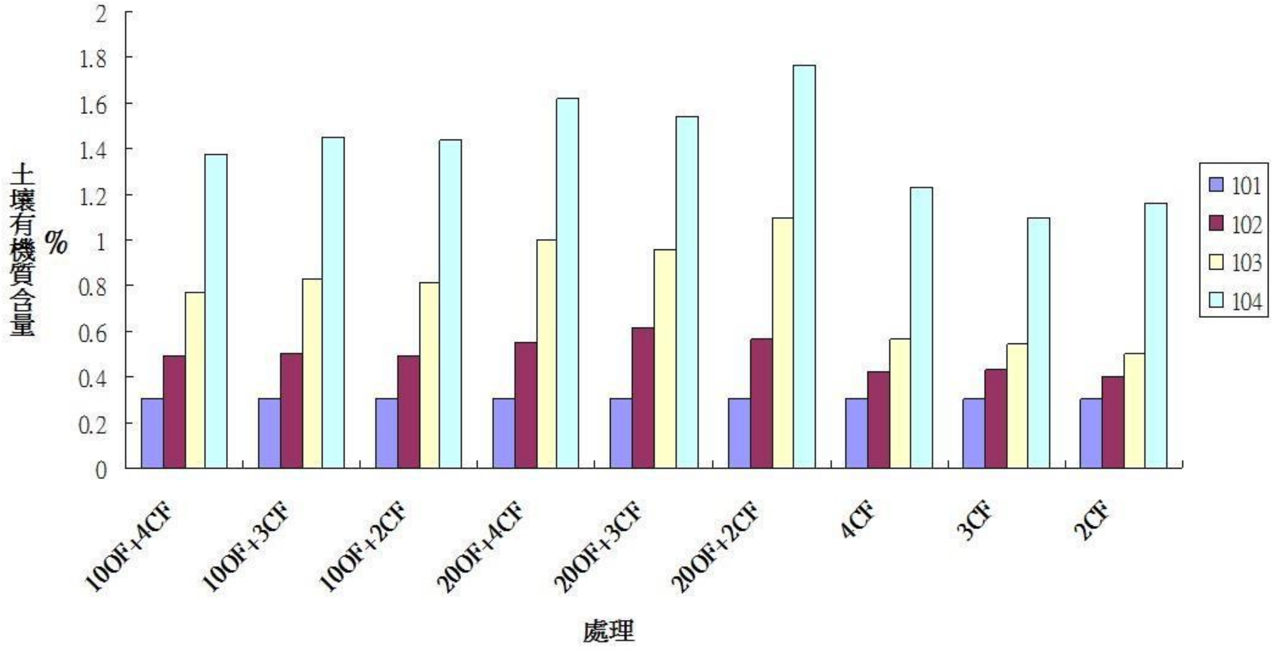


圖 1.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園土壤有機質含量之變化

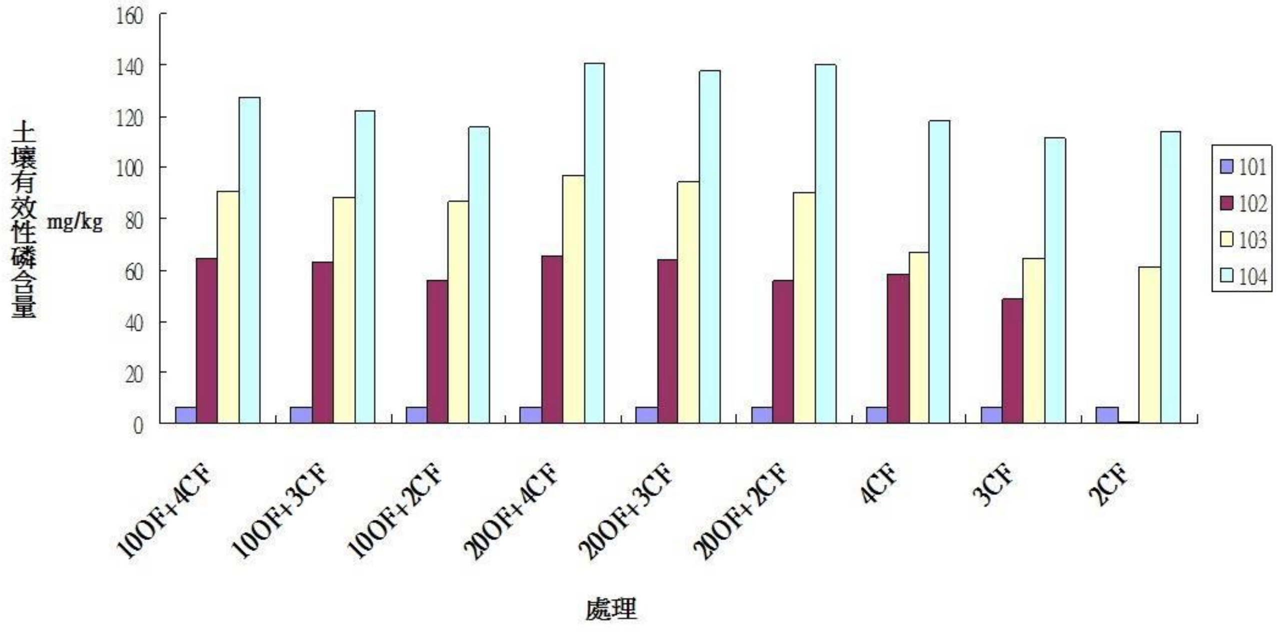


圖 2.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園土壤有效性磷含量之變化

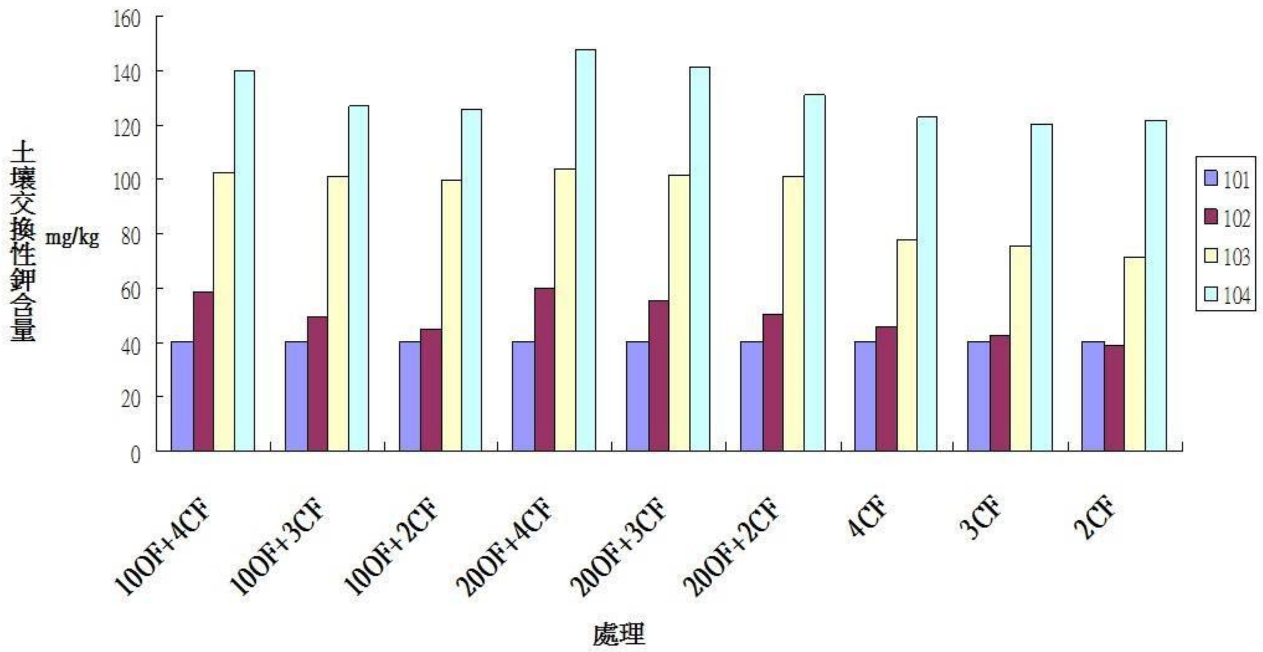


圖 3.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園土壤交換性鉀含量之變化

(二)肥料對復耕番荔枝果園植株葉片營養元素含量之影響

圖 4～圖 6 為 2013 年至 2015 年植體分析結果，2015 年分析結果顯示以混合有機質肥料施用量 20 公升/株並施用 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(20OF+4CF)處理最高，葉片氮、磷、鉀含量分別為 3.05、0.22、1.93%。葉片氮含量部分，除了混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(20OF+2CF)處理及混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(10OF+2CF)與 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(4CF)處理無顯著差異，其餘有施用有機質肥料之處理皆顯著優於只施用化學肥料處理。葉片磷含量部分，各處理間無顯著差異。葉片鉀含量部分，除了混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(10OF+2CF)與 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(4CF)處理無顯著差異，其餘有施用有機質肥料之處理皆顯著優於只施用化學肥料處理。因此在果園土壤有機質含量偏低，可配合施用有機質肥料，增進土壤保肥能力，提升肥料利用效率，增加植體營養元素含量。

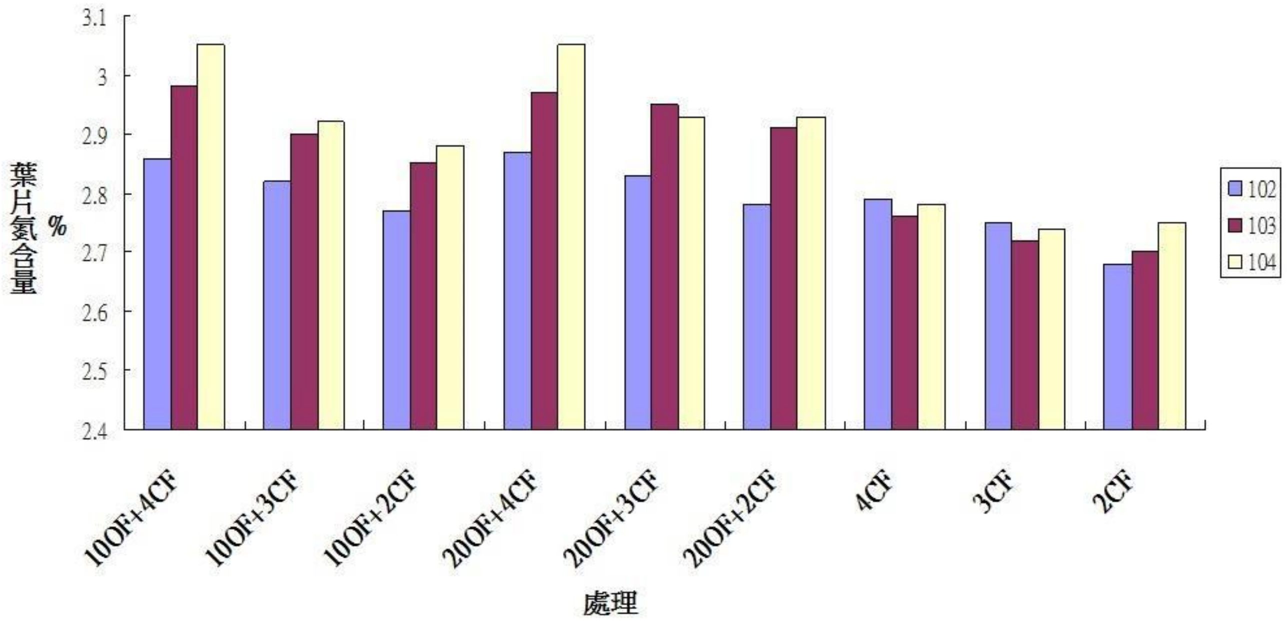


圖 4.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園葉片氮含量之變化

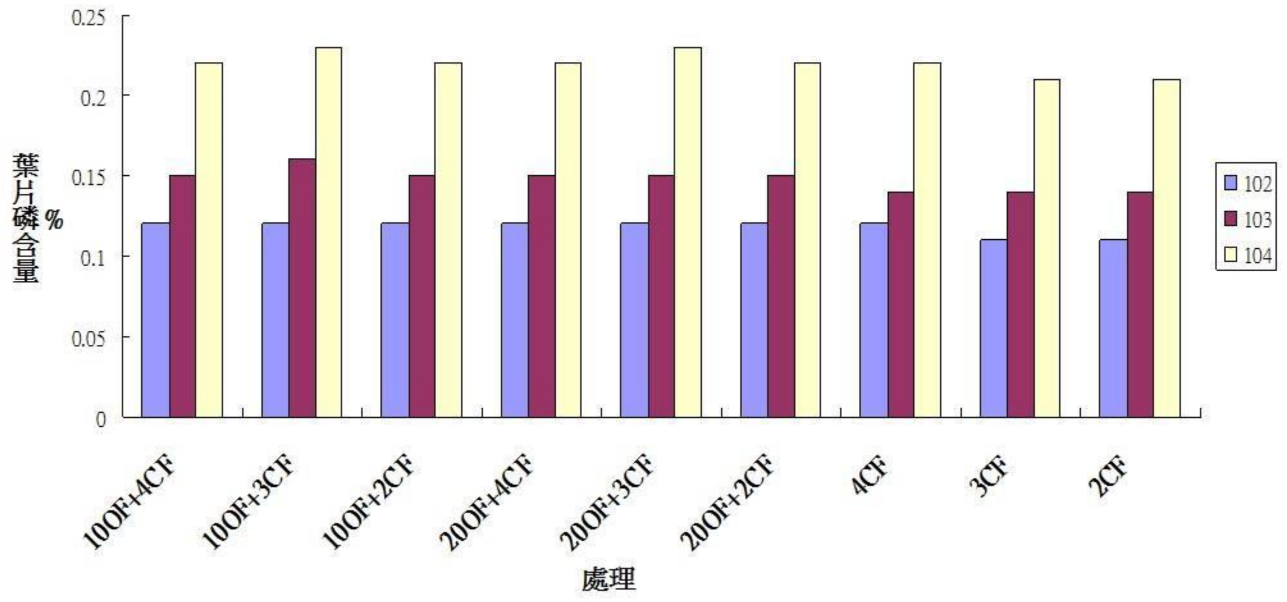


圖 5.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園葉片磷含量之變化

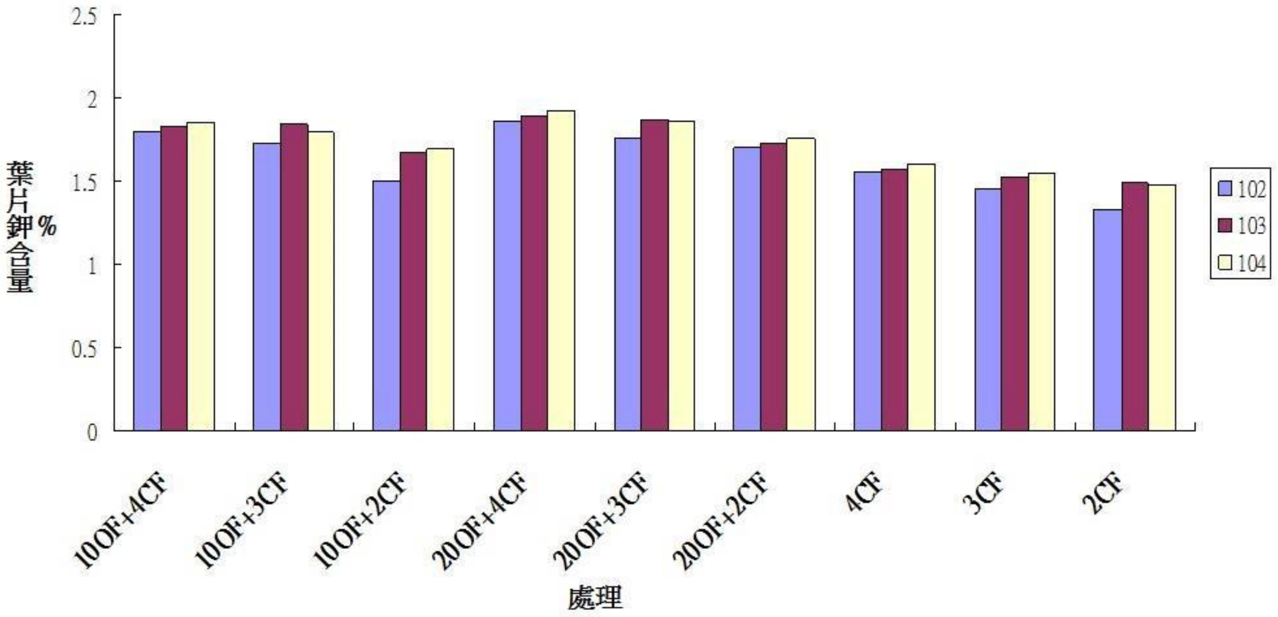


圖 6.施用有機質肥料及化學肥料後對復耕番荔枝果園葉片鉀含量之變化

(三)肥料對復耕番荔枝果園植株生長及產量之影響

1.施用有機質肥料及化學肥料後對植株生育之影響

圖 7 為 2012 年至 2015 年試驗苗木調查的情形，不論有無施用有機質肥料，植株主幹皆呈逐年增加的趨勢，試驗苗木於 2015 年之生育調查顯示以混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(20OF+4CF)表現最佳，主幹直徑為 67.48mm，較對照組苗木幹徑 63.77mm 粗，雖然各處理間無顯著差異，但只施用化學肥料之植株主幹直徑較施用有機質肥料及化學肥料細，顯示施用有機質肥料可幫助植株生長。

2.施用有機質肥料及化學肥料後對植株產量之影響

本試驗植株苗木於 2012 年種植，2014 年第一次生產果實，表 1 為 2014 年果實產量調查結果。結果顯示單株產量介於 5.8～8.1 公斤，以混合有機質肥料施用量 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(20OF+4CF)處理之單株產量最高，但與 20 公升/株及 20-5-10 複合肥料 3 公斤/株/年(20OF+3CF)處理及 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(10OF+4CF)處理無顯著差異，而除了混合有機質肥料施用量 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 2 公斤/株/年(10OF+2CF)處理與 20-5-10 複合肥料 4 公斤/株/年(4CF)處理無顯著差異，其餘有施用有機質肥料之處理皆顯著優於只施用化學肥料處理。由試驗結果顯示施用有機質肥料對於果實生產有正面的影響。

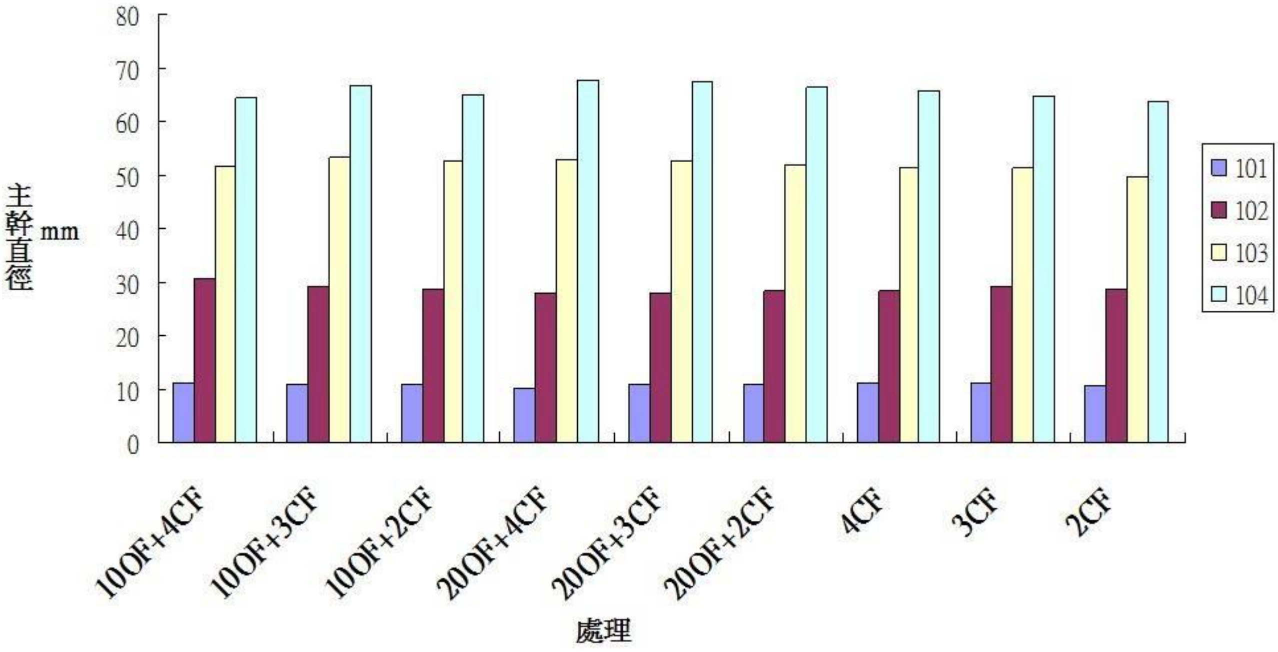


圖 7.番荔枝復耕果園肥料處理後之植株主幹之生長情形。

表 1.番荔枝復耕果園肥料處理後之植株產量調查

Treatment	10OF +4CF	10OF +3CF	10OF +2CF	20OF +4CF	20OF +3CF	20OF +2CF	4CF	3CF	2CF
Yield (kg/plant)	7.7ab	7.3bc	6.9cd	8.1a	7.6ab	7.5b	6.6de	6.3e	5.8f

結　論

復耕番荔枝果園施用有機質肥料後，土壤有機質含量顯著高於只施用化學肥料之處理，主幹直徑雖無顯著差異，但仍以有機質肥料配合化學肥料之施用生長情形較佳。施用混合有機質肥料處理之單株產量顯著優於只施用化學肥料處理，且不論有無施用混合有機質肥料，其單株產量有隨著化學肥料之增加而上升之趨勢，因此當土壤有機質含量偏低時，可增施有機質肥料進行土壤地力改善，提供作物所需之營養元素，促進作物生長，考量上述試驗結果及成本因素，於復耕番荔枝果園肥培管理，建議可施用混合有機質肥料 10 公升/株及 20-5-10 複合肥料 3 或 4 公斤/株/年，提升土壤有機質及營養元素含量及促進番荔枝生長。土壤有機質為評估土壤健康的重要指標之一，因此在番荔枝果園肥培管理上可利用各區農業改良場所提供之土壤營養診斷分析了解果園的土壤有機質及營養元素含量，適時適量使用土壤改良及肥培資材，才能維護土壤永續利用，達到作物健康管理及永續生產之目的。

參考文獻

1. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。臺灣省農業試業所特刊 13 號:9-26。
2. 蔡宜峰、陳俊位、賴文龍。2008。有機肥料及苦土石灰應用在洋桔梗栽培之效應。行政院農委會臺中區農業改良場研究彙報 98：P.9-20。
3. 謝慶芳。1991。苦土石灰與微量元素對強酸性砂頁岩沖積土水稻生長與產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 33:37-47。
4. Arias, M.E., J.A. Gonzalez-Perez, F.J. Gonzalez-Vila, and A.S. Ball. 2005. Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists. International Microbiology, 8:13-21.
5. Binder, D.L., A. Dobermann, D.H. Sander, and K.G. Cassman. 2002. Biosolids as nitrogen source for irrigated maize and rainfed sorghum. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:531–543.
6. Celik, I., I., Ortas, and S., Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil Till. Res. 78：59-67.
7. Kaye, N.M., S.C. Mason, , D.S. Jackson, and T.D. Galusha. 2007, Crop rotation and soil amendment alters sorghum grain quality. Crop Science, 47:722-729.
8. Tejada M., J. L. Gonzalez, A. M. Garcia-Martinez, and J. Parrado. 2008. Effect of different green manures on soil biological properties and maize yield. Biores. Technol. 99：1758-1767.

鳳梨土壤管理與施肥推薦參考資訊

Application of soil information on soil management and fertilized recommendation on pineapple fields

黃維廷 [1*] 官青杉 [2] 郭鴻裕 [1]

[1] 農業試驗所農業化學組

[2] 農業試驗所嘉義分所園藝系

[3] 農業試驗所農業化學組

[*]E-mail：wthuang@tari.gov.tw

摘　　要

鳳梨土壤與葉片營養診斷方法，比較兩種採樣部位之養分差異。除了上部葉片氮及磷含量明顯高於基部者，其餘大量元素僅稍略高於基部者，差異甚微，至於微量元素含量相當接近，亦無明顯差異。截取 15 公分以上部位之採樣方法與目前之基部採樣應可互通並用。鳳梨葉片鈣含量低於臨界診斷值 0.27%，葉片鎂與鐵含量低於臨界診斷值 0.20%與 80 mgkg^{-1}，葉片外觀與產量品質亦未表現異常情形。次量元素鈣、鎂及微量元素鐵等養分對於鳳梨果實生育之影響與目前參考診斷值的適用性或下修的空間，必須進一步執行土壤與肥培管理試驗與調查，加以釐清訂定。鳳梨土壤診斷參考值 pH，鈣與鎂可修改如下：pH4.5-6.50 修改 4.0-6.00，有機質 2.0 以上修改 1.0 以上（不影響生育產量），交換性鈣 1000 以上，下修改 500 以上，交換性鎂 200 以上，下修 50 以上。

依據農家訪查與土壤與葉片營養診斷，於嘉義民雄實施土壤健康管理肥培試驗之結果，每公頃收量 62-65 公噸，其三要素施肥量為：氮-磷酐-氧化鉀 每公頃 600-700—250-350—1000-1150 公斤。與施肥手冊未載明收量之鳳梨三要素推薦量比較，氮-磷酐-氧化鉀　650—120—600 公斤/公頃，兩者氮肥施用量接近，而磷鉀肥則呈現兩倍數以上之差距。與國外 FAO 等文獻所載比較，例如 FAO 650—180—600 公斤/公頃，Stewart et al, 每公頃收量 81 公噸，其鳳梨果實養分吸收量為：氮-磷酐-氧化鉀 574—126—1631 公斤/公頃。Mitra, 2001 每公頃收量 84 公噸，其果實養分奪取量為：氮-磷酐-氧化鉀　每公頃 150—45—530 公斤。土壤健康管理施肥之氮鉀比率與推薦量尚為合理而不離譜，均特別強調氮鉀比與重施鉀肥。

關鍵詞：土壤管理、營養診斷、土壤檢測、施肥推薦。

作物產地分佈與產業介紹

鳳梨為多年生草本植物，原產地南美洲，大約分佈於南北緯度 30 度之間，廣泛栽培於熱帶、亞熱帶溫暖無霜害、氣溫變化小、雨量分佈均勻〈理想年降雨量 1000mm 至 1500mm 之間〉與日照充足之地區。根據 101 年至 102 年農業統計年報記載，台灣種植面積 101 年為 8192 公頃，102 年擴增至 9797 公頃，年產量由 101 年 392211 公噸增加至 102 年 413000 公噸。栽培品種隨產業利用不同而改變，民國 80 年代以前因應罐頭加工之需求，95%以上栽培開英種，近 20 年來因應國內外鮮食市場之需求，以台農 17 號金鑽鳳梨為主力栽培品種，約佔總栽培面積 85%以上。近年來由於鳳梨酥成為熱門食品與伴手禮，使得鳳梨酥內餡需求逐年增加。

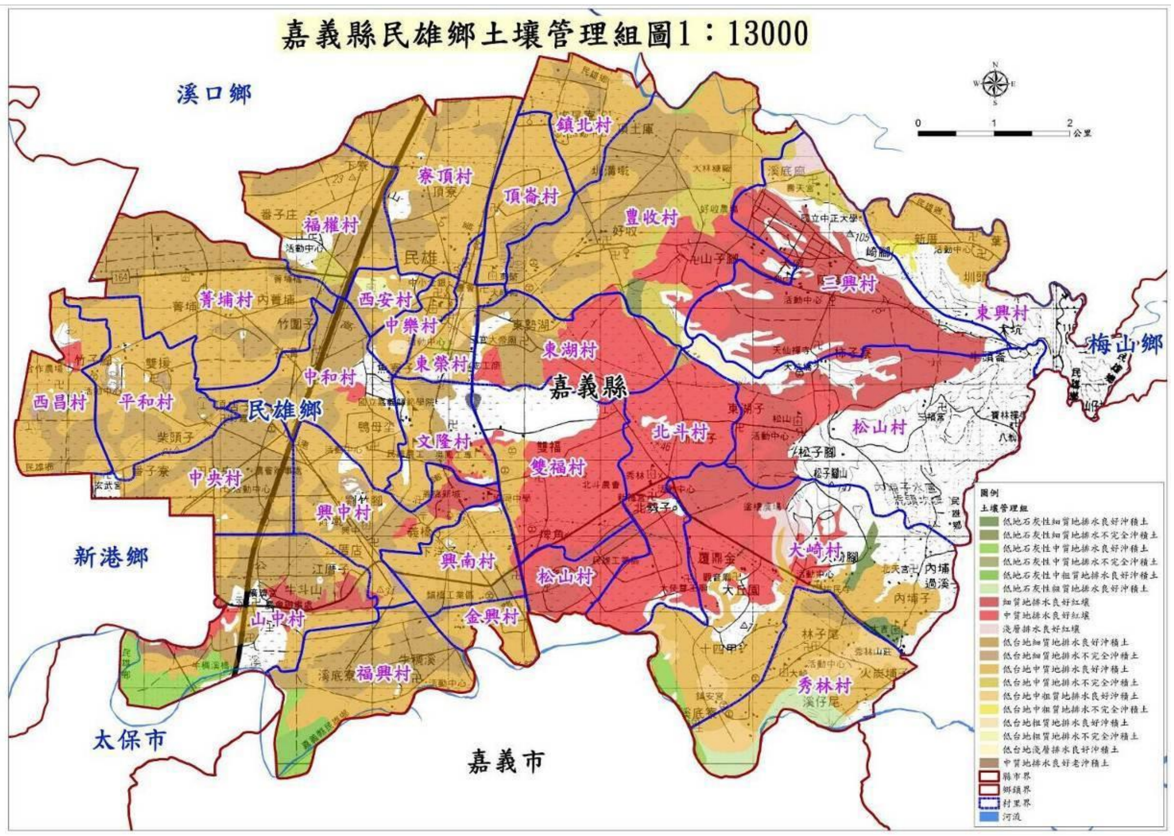
產地分佈自台中、彰化以南至台東、屏東，屏東縣產地面積居冠，佔總面積 27.4%，嘉義縣居次，佔總面積 14.7%，台南市居第三位，佔總面積 13.9%，高雄市居第四位，佔總面積 13.6%，南投縣居第五輕位，佔總面積 12.7%，其餘佔 15%。

鳳梨產地土壤性質圖資與土壤檢測

101 年嘉義縣民雄鄉鳳梨土壤健康管理檢測

黃維廷　官青杉

民雄鄉地區土壤性質 栽培地位置主為山三興村與松山村，土壤母質為細質地紅壤，屬於特別酸性 pH 低
於 4.5，肥力極低其土壤有機質含量低僅 1-2 %，鼓勵有機複合肥之施用。

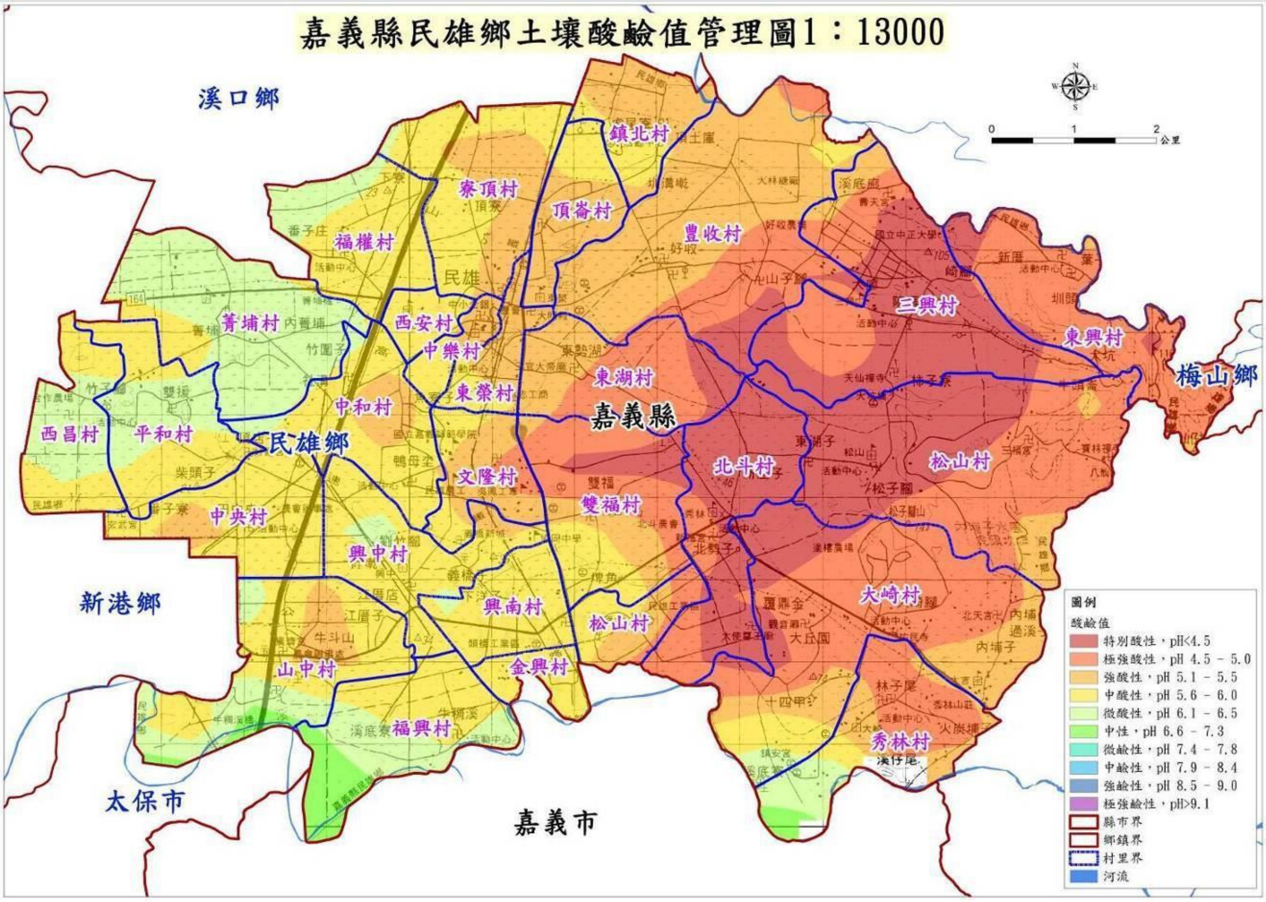


實施土壤檢測之實例

土壤分析資料

土壤肥力檢測	pH	電導度	有機質	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂	交換性鈉
2011/6/20		mS/cm	%	--------------------------------mg/kg--------------------------------					
周文欽 1 區表土	3.8	0.30	0.7	152	176	178	477	179	38
周文欽 1 區底土	4.0	0.18	0.7	91	172	119	459	161	27
周文欽 2 區表土	4.1	0.29	0.4	147	100	169	399	238	37
周文欽 2 區底土	4.4	0.16	0.4	67	85	123	400	257	30
參考值	4.5-6.50		2.0 以上	100 以上	50 以上	150 以上	1000 以上	200 以上	＜100

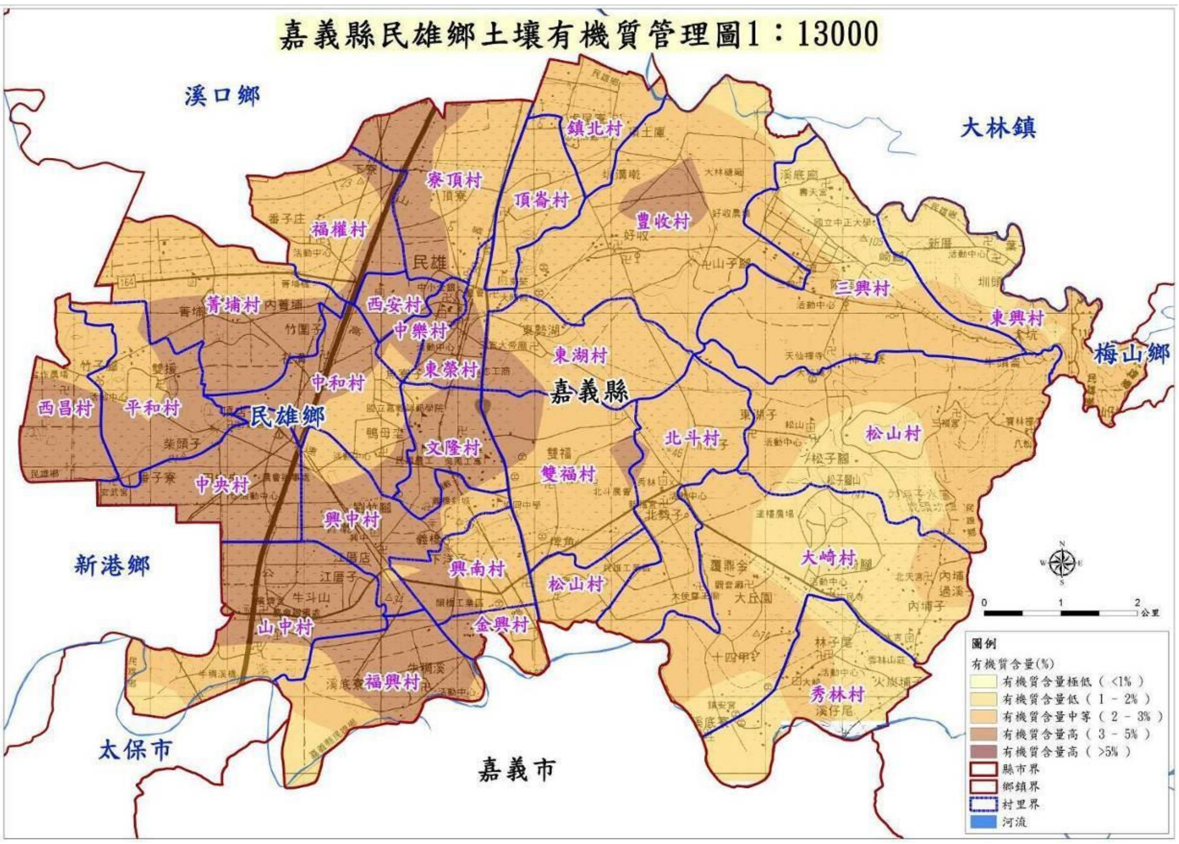
參考值為果樹參考值，鳳梨除 pH 外其他磷鉀鈣鎂可能需要修改



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

重金屬分析

	鐵	錳	銅	鋅	鎘	鉻	鎳	鉛
2011/6/20	-----	-----	-----	-----	mg/kg	-----	-----	-----
周文欽 1 區表土	217	34	1	4	0.01	0.1	0.9	1.2
周文欽 1 區底土	254	38	1	5	0.01	0.2	0.9	1.3
周文欽 2 區表土	142	31	1	4	0.01	0.1	0.7	1.2
周文欽 2 區底土	181	28	1	5	0.01	0.1	0.8	1.0
參考值	未訂	未訂	<20	<25	<0.4	<10	<10	<15



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

植體分析資料

99/08/18	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	---------------------	---------------------	%	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	mg/kg	---------------------	---------------------
民間　阿州	1.44	0.22	2.9	0.12	0.16	63	145	5	17	5
民雄　周文欽	2.23	0.27	6.3	0.21	0.30	70	170	6	24	12
民雄　陳映延	1.40	0.37	3.8	0.42	0.15	52	147	6	22	12
04/07 陳映延	1.41	0.25	3.1	0.25	0.22	74	191	6	18	8
2011/6/20 民雄 A 區	1.73	0.22	4.1	0.16	0.25	51	241	4	17	20
民雄 B 區	1.74	0.19	4.0	0.15	0.25	63	214	3	16	20
暫定參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

分析表之解釋說明與施肥建議

1. 鳳梨偏嗜酸性土壤，但 pH 低於 4.0 則需考慮施用石灰改善。
2. 潛在缺鎂尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。
3. 葉片硼偏低，微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變。建議於電石

或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

4 土壤有機質 **OM%**稍低，有機質含量偏低，土壤有機質 **1.0%**以下，建議鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基肥施用非粘類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。

5. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。

6. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題。 有機質材料施用特別建議 有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，
及使用健康安全。

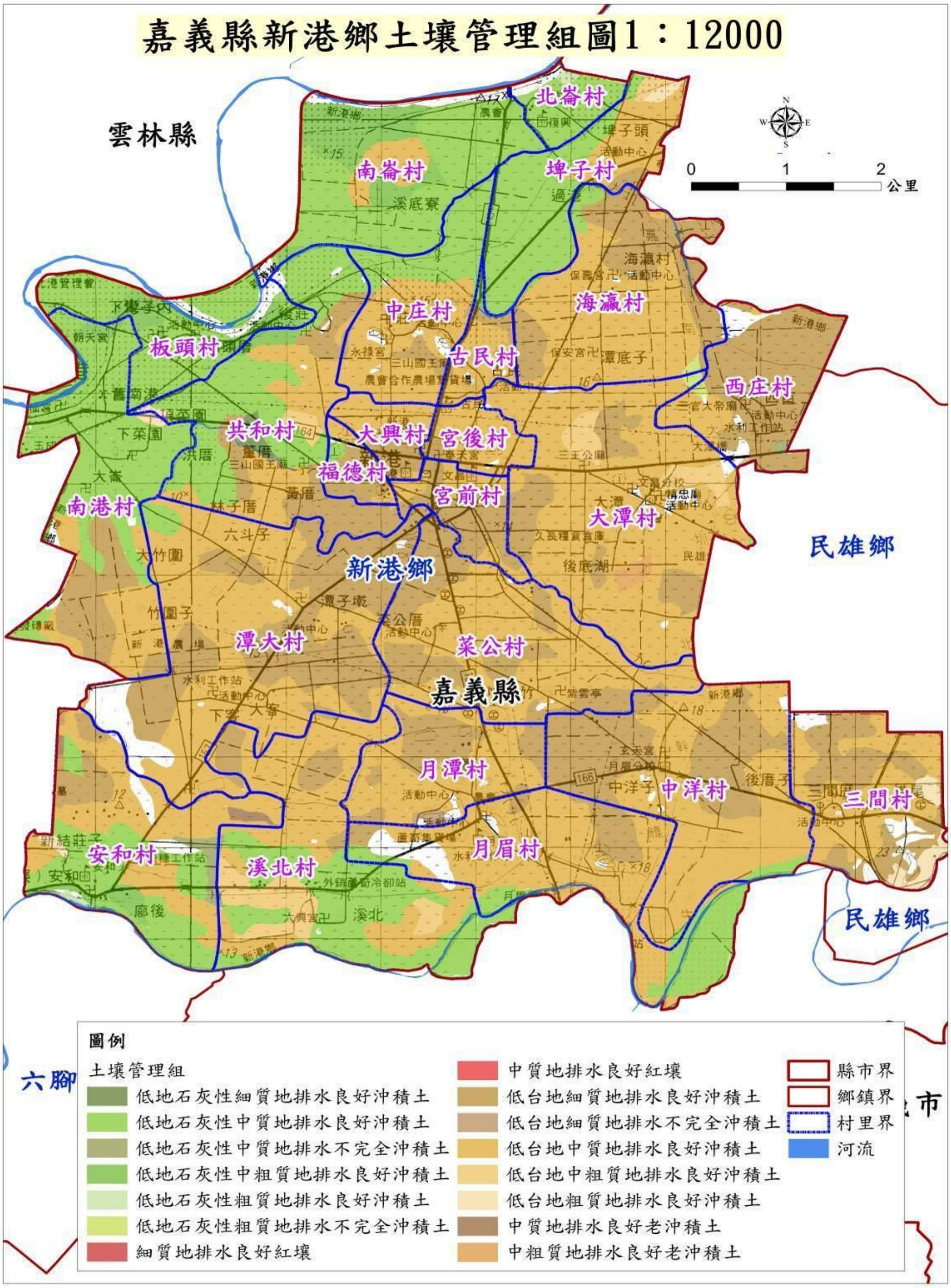
101 年嘉義縣新港鄉土壤性質與土壤健康管理檢測

黃維廷　官青杉

新港鄉地區土壤性質

查詢農業試驗所土壤資訊管理系統，新港鄉地區土壤大部分排水均良好，主為沖積土，土壤管理組圖顯示新港鄉土壤為中質地至中細質地，保肥力中等以上。

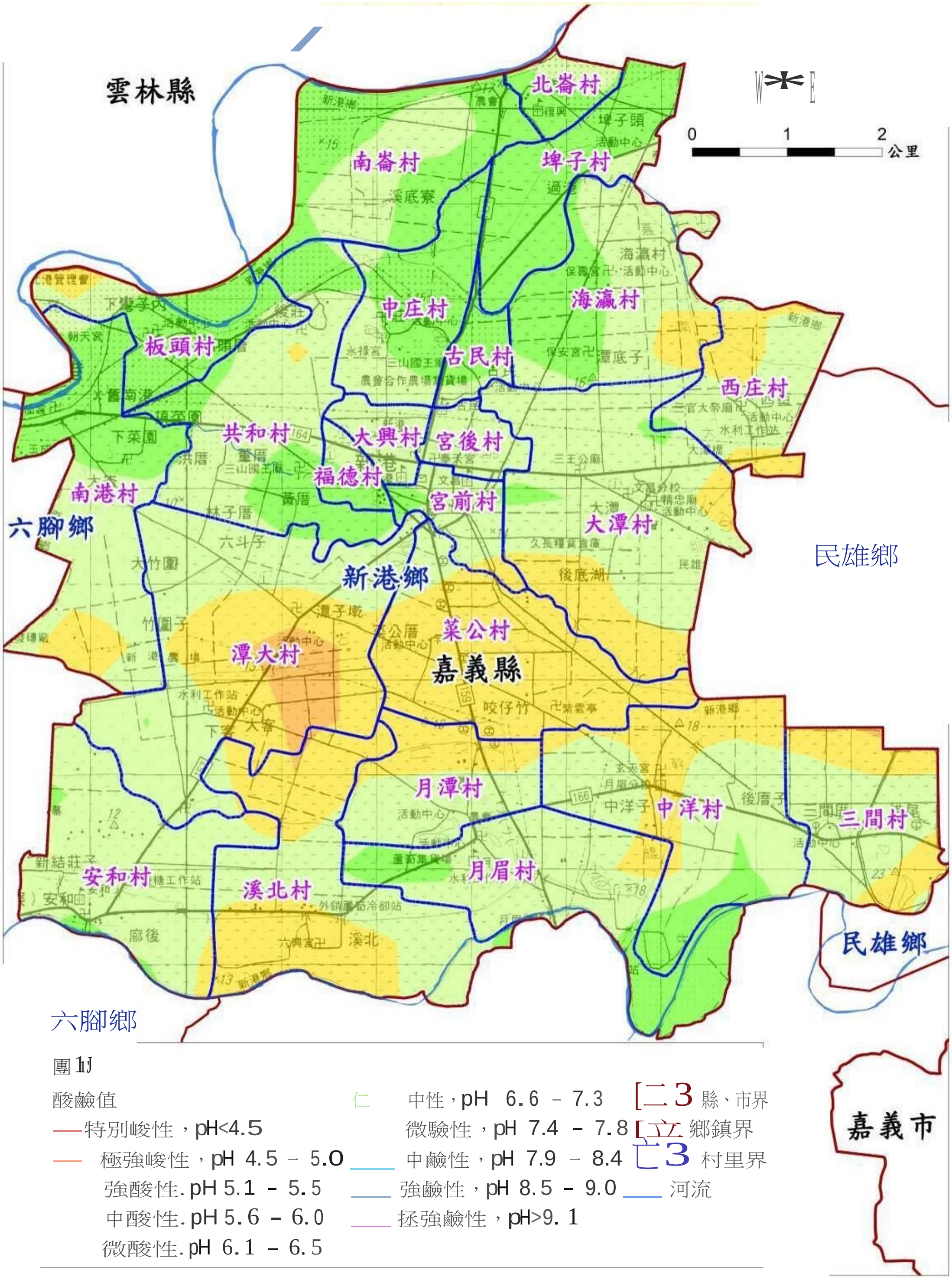
而新港鄉沖積土，除了西北位置之碑子村、北崙村、南崙村、根頭村與南港村為帶有石灰性之沖積土，土壤酸鹼度 pH 如果 6.5 以上，因為鳳梨偏嗜酸性土壤，比較不適合鳳梨之生育，其餘村里的土壤則為非石灰性沖積土之分佈，適合鳳梨之種植栽培。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

下圖之土壤酸鹼度之歧異甚大，呈現酸性土壤至中鹼性土壤交錯而多元的分佈情形。除了查詢土壤圖，現地土壤取樣調查與檢測結果，顯示新港區溪北村附近鳳梨種植區，屬酸性土壤，pH5 以下，土壤交換性鈣與鎂等鹽基養分甚不足，但因鳳梨偏嗜酸性土壤，不需施用石灰或補充鈣鎂肥改良土壤。

嘉義縣、新港鄉土壤酸鹼值管理圖 1：12000



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

土壤資訊管理之土壤圓顯示新港鄉土壤有機質含量偏低或極低，建識鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基R巴施用非柏類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有 機資材，改善土壤物理化學之性 質 。

農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

實施土壤檢測之實例

土壤檢測結果本鄉溪北村土壤有效性磷與土壤交換性鉀相當低，加強磷肥與鉀肥之管理對於溪北村鳳梨栽培可能具有提升生產之改善空間與潛力。

土壤肥力檢測 2012/10/11	pH	電導度 µS/cm	有機質 %	有效氮 mg/kg	土壤磷 mg/kg	土壤鉀 mg/kg	土壤鈣 mg/kg	土壤鎂 mg/kg	土壤鈉 mg/kg
新港溪北村集貨場表土	4.7	47	1.1	17	**30**	**51**	408	51	6
新港溪北村集貨場底土	4.9	52	1.0	16	**30**	**105**	498	70	7
參考值	5.5-7.0		2.0 以上		60 以上	100 以上	1000 以上 500 以上	100 以上 50 以上	＜100

參考值為果樹參考值，鳳梨 pH，鈣與鎂可能需要修改

重金屬檢查 2012/10/11	鐵 Fe mg/kg	錳 Mn mg/kg	銅 Cu mg/kg	鋅 Zn mg/kg	鎘 Cd mg/kg	鉻 Cr mg/kg	鎳 Ni mg/kg	鉛 Pb mg/kg
新港西北集貨場表土	2003	18	2	5	0.0	0.3	1.0	2.2
新港西北集貨場底土	1907	18	2	5	0.0	0.3	1.1	2.1
參考值	未訂	未訂	<20	<25	<0.4	<10	<10	<15

植體分析資料

	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	-----%					-----mg/kg				
梅山翁明賢 1 區鳳梨葉片	1.76	0.31	3.85	0.25	0.13	59	180	6	21	**11**
翁明賢 1 區鳳梨底部葉片	1.6	0.47	4.08	0.28	0.12	46	151	10	27	**8**
梅山翁明賢 2 區鳳梨葉片	1.69	0.19	2.87	0.19	0.16	59	136	6	18	**8**
翁明賢 2 區鳳梨底部葉片	1.59	0.34	3.37	0.26	0.20	72	159	9	28	**7**
民雄劉茂南鳳梨葉片	1.28	0.09	2.46	0.12	0.17	75	121	5	17	**13**
劉茂南鳳梨底部葉片	1.09	0.17	2.42	0.15	0.20	113	148	8	23	**8**
暫定參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

檢測之說明解釋

1. 鳳梨偏嗜酸性土壤，但 **pH4.7-4.9.**為酸性，尚無需施用石灰改善土壤。
2. 土壤磷及鉀肥力稍低，宜加強磷鉀肥施用。
3. 潛在缺鎂及缺鐵，尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。

4.葉片硼偏低，微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變。建議於電石或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

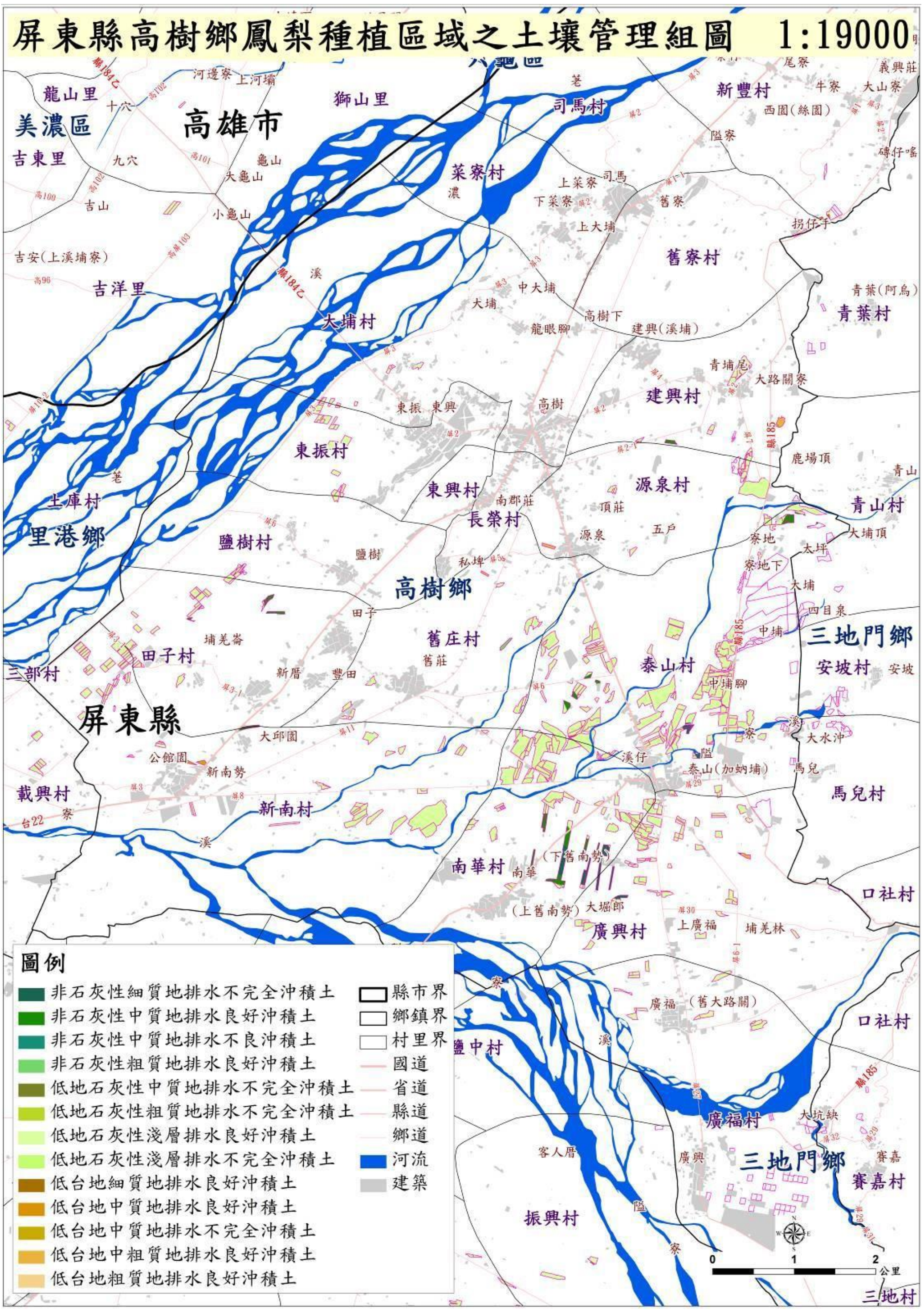
5. 有機質含量偏低，土壤有機質 **1.0%**以下，建議鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基肥施用非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。
6. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。
7. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題。

8.有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，及使用健康安全。

102 年屏東縣高樹鄉土壤性質與土壤健康管理檢測

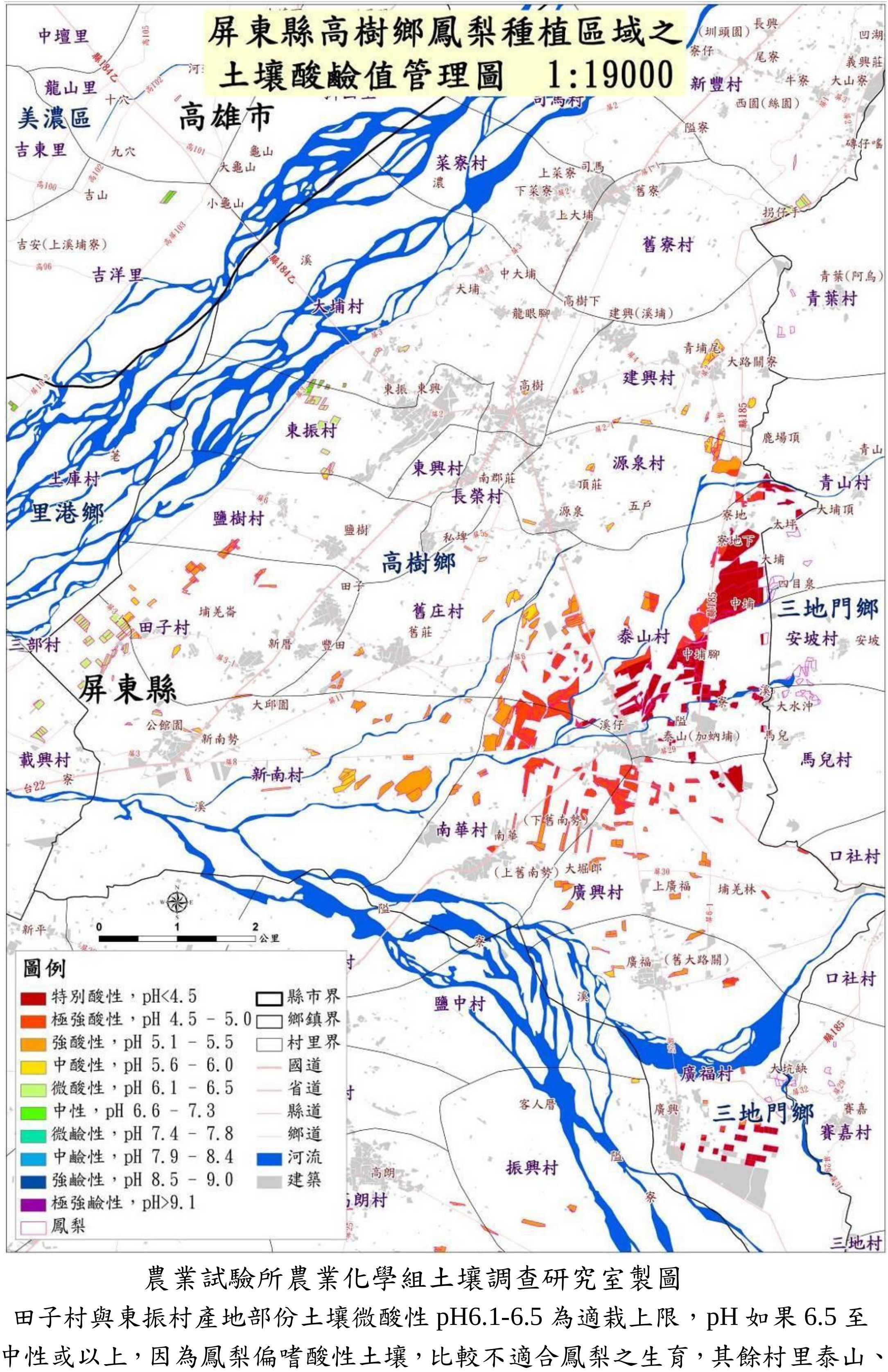
黃維廷　官青杉

高樹鄉地區土壤性質



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

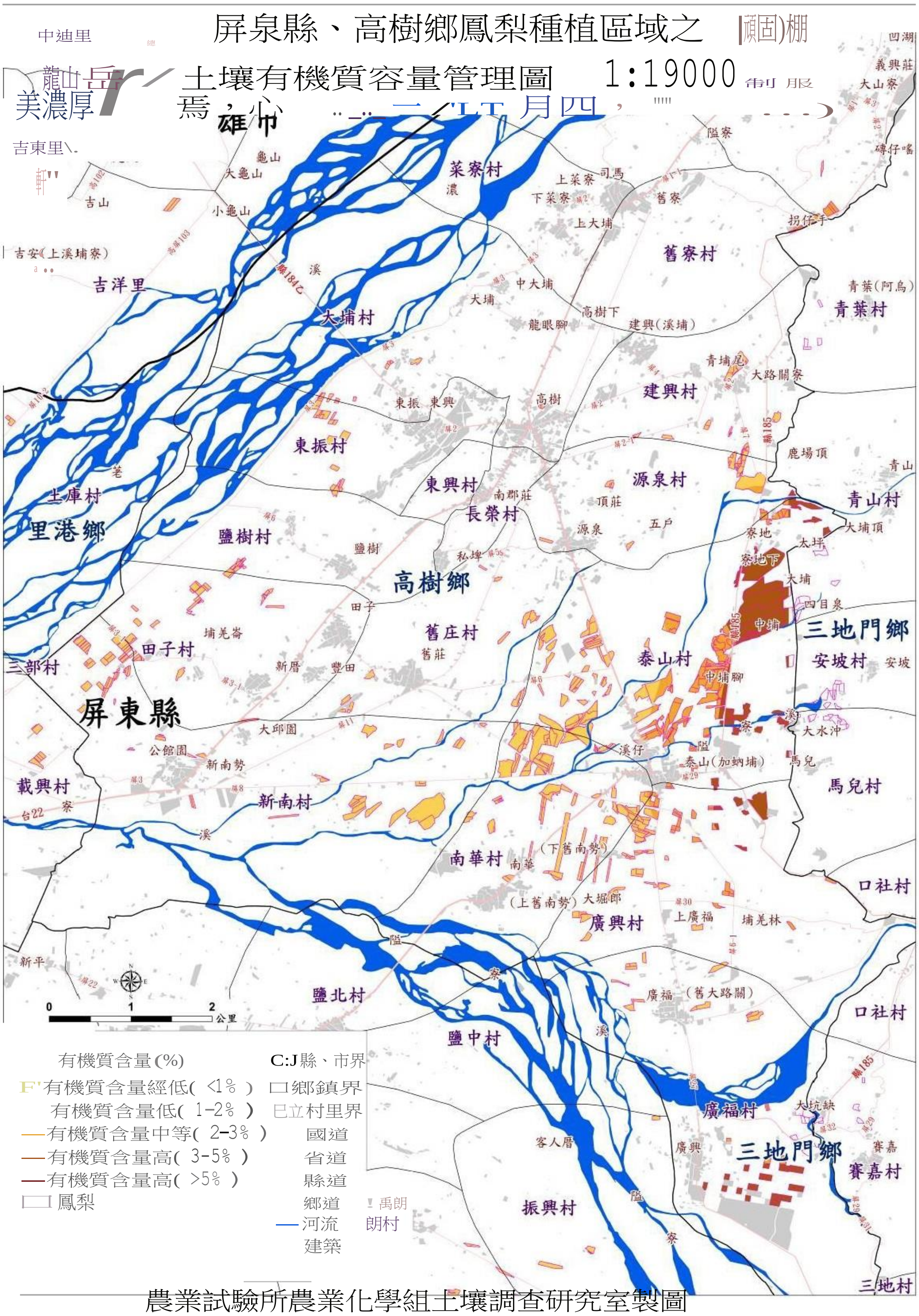
查詢農業試驗所土壤資訊管理系統，高樹鄉鳳梨主要種植於泰山、南華與廣興村，其次於田子村與東振村也有分佈。土壤管理組圖顯示除了廣興村為非石灰性細質地排水不完全之沖積土外，本鄉其餘鳳梨產區均為低地石灰性淺層排水不完全之沖積土，保水保肥力中等以上。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

田子村與東振村產地部份土壤微酸性 pH6.1-6.5 為適栽上限，pH 如果 6.5 至 7.3 中性或以上，因為鳳梨偏嗜酸性土壤，比較不適合鳳梨之生育，其餘村里泰山、南華與廣興村，的土壤為極強酸性 pH4.5 以下，南華舊庄新南村之間則屬強酸性 pH4.5-5.0 沖積土之分佈，土壤交換性鈣與鎂等鹽基或養分雖不足，但因鳳梨偏嗜

酸性土壤，不需施用石灰或補充鈣鎂月巴改良土壤，仍適合鳳梨之種植栽培。

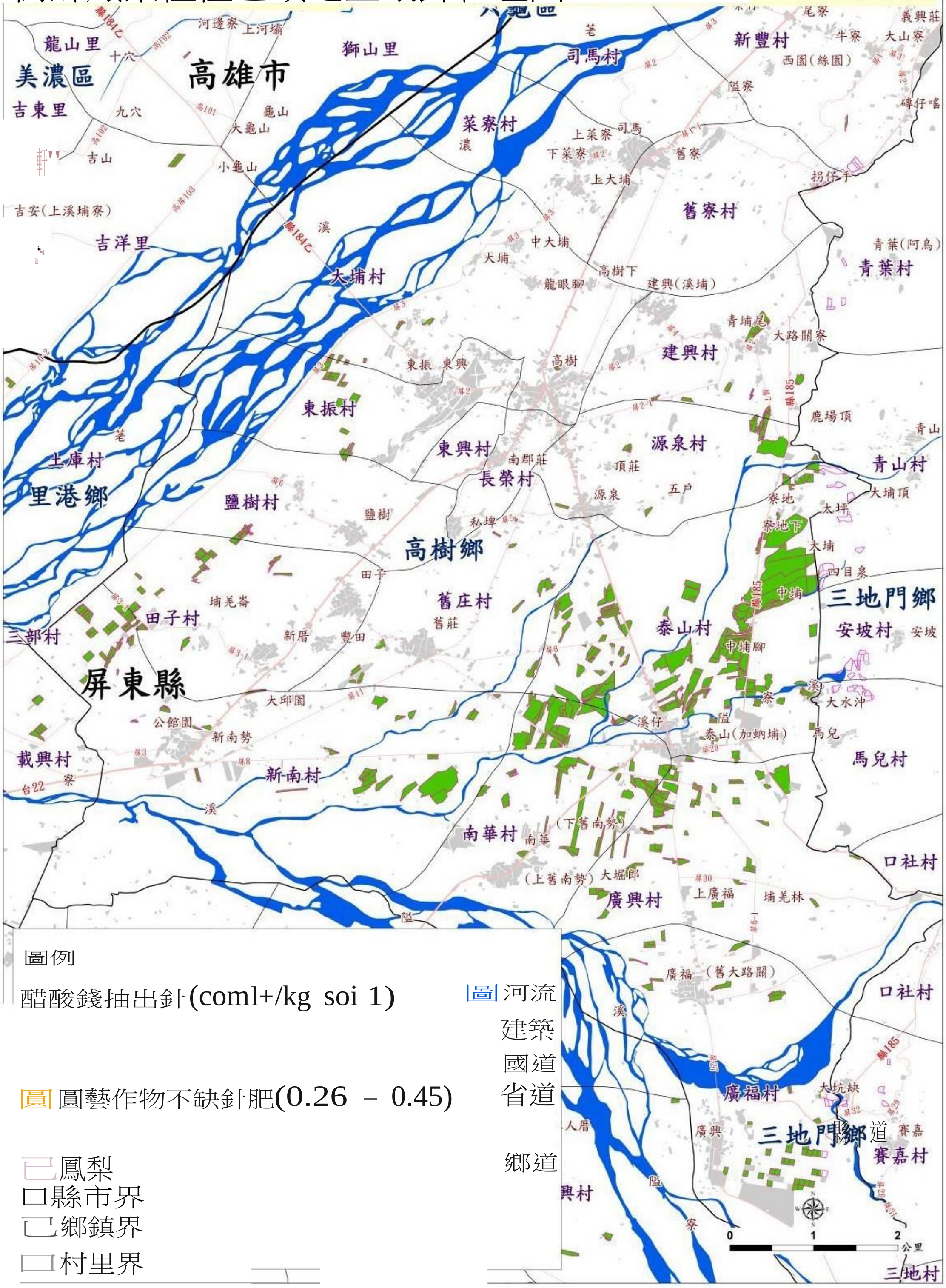


農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

土壤資訊管理圓顯示高樹鄉與三地門交界之泰山村土壤有機質含量高 3-5%外，其餘村里土壤有機質含量中等 2-3% '建議無需每年施用有機肥，

可隔 1 至 2 年才施，可節省為數可觀之有機肥成本。

極少數低於 2%者建議可以施用氮素不高於 2% '非柏類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C 別較高之有機資材，改善土壤物理化學之性質。 屏泉縣、高樹鄉鳳梨種植區域之土壤針管理圖 1:19000



圖例

醋酸錢抽出針(coml+/kg soi 1)

圓藝作物不缺針肥(0.26 – 0.45)

26)

針肥，過量(>0.45)

鳳梨

縣市界

鄉鎮界

村里界

河流

建築

國道

省道

道

鄉道

農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

土壤資訊磷鉀管理組圖土，綠色顯示施用鉀肥肥效極大，加強鉀肥之管理對於鳳梨栽培可能具有提升生產之改善空間與潛力。

實施土壤檢測之實例

土壤肥力檢測 2012/10/11	pH	電導度 μS/cm	有機質 %	有效氮 mg/kg	土壤磷 mg/kg	土壤鉀 mg/kg	土壤鈣 mg/kg	土壤鎂 mg/kg	土壤鈉 mg/kg
郭智勇黑黏土區表土	4.0	1.68	1.3	1168	233	726	804	52	37
郭智勇黑黏土區底土	**3.8**	0.50	1.6	246	154	183	383	**19**	7
郭智勇紅土區表土	**3.7**	1.66	1.5	1205	322	775	1265	67	30
郭智勇紅土區底土	**3.7**	0.78	1.6	472	211	363	551	**51**	22
高樹洪華進表土	**3.4**	0.542	**4.0**	372	220	115	**149**	**25**	8
高樹洪華進底土	**3.5**	0.293	**2.5**	157	183	69	**63**	**11**	4
參考值	5.5-7.0		2.0 以上		60 以上	100 以上	1000 以上	100 以上	＜100

參考值為果樹參考值，鳳梨 pH，鈣與鎂可能需要修改　500 以下　50 以上

重金屬檢查 2012/10/11	鐵 Fe mg/kg	錳 Mn mg/kg	銅 Cu mg/kg	鋅 Zn mg/kg	鎘 Cd mg/kg	鉻 Cr mg/kg	鎳 Ni mg/kg	鉛 Pb mg/kg
郭智勇黑黏土區表土	334	45	4	3	0.04	0.2	0.7	6.1
郭智勇黑黏土區底土	303	28	4	2	0.03	0.1	0.4	5.7
郭智勇紅土區表土	350	69	2	5	0.03	0.3	0.9	3.7
郭智勇紅土區底土	302	48	2	3	0.02	0.2	0.8	3.3
高樹洪華進表土	101	25	3	2	0.01	0.3	0.2	2.8
高樹洪華進底土	76	13	3	1	0.00	0.2	0.1	2.2
參考值	未訂	未訂	<20	<25	<0.4	<10	<10	<15

植體分析資料

	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	---%---					---mg/kg---				
101.4.10 鳳梨葉高樹 1	1.63	0.17	2.35	0.34	0.18	32	468	3	21	67
101.4.10 鳳梨高樹 2	2.03	0.18	2.75	0.35	0.18	32	353	4	22	43
101.4.10 鳳梨高樹 3	1.95	0.28	2.26	0.32	0.21	36	517	4	21	59
101.4.10 鳳梨高樹 4	2.27	0.16	2.79	0.39	0.17	36	315	3	21	54
101.4.10 鳳梨高樹 6	2.00	0.18	2.26	0.17	0.11	34	270	3	19	145
暫定參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

植體分析資料

2013/8/5	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	---%---					---mg/kg---				
高樹洪華進 CK 鳳梨底部葉片	0.57	0.07	1.36	0.25	0.03	47	70	4	20	29
高樹洪華進 CK 鳳梨上部葉片	1.35	0.09	2.52	0.24	0.08	41	134	3	15	35
高樹洪華進 N 鳳梨底部葉片	0.64	0.06	1.35	0.26	0.04	65	75	4	26	34
高樹洪華進 N 鳳梨上部葉片	1.51	0.09	2.40	0.25	0.08	41	155	3	12	29
暫定參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

檢測之說明解釋

1. 土壤 **pH** 低於 **4.0** 極強酸性，需要考慮施石灰之需要。而葉片錳過高，有必要注意錳毒害問題。
2. 葉片缺鎂及缺鐵，尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。
3. 葉片硼均足夠，但如果偏低，微量元素硼會可能引起果實中心(內部中柱)

部位褐變。建議於電石或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

4 除了洪華進土壤有機質 OM%土壤有機質含量均甚高 4%，足見果農經年累月投入有機肥料，建議無需每年施用，可隔 1 至 2 年才施用，可節省為數可觀之有機肥成本。其餘土壤有機質 OM%稍低，有機質含量偏低，土壤有機質 **1.0%**以下，建議鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基肥施用非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。

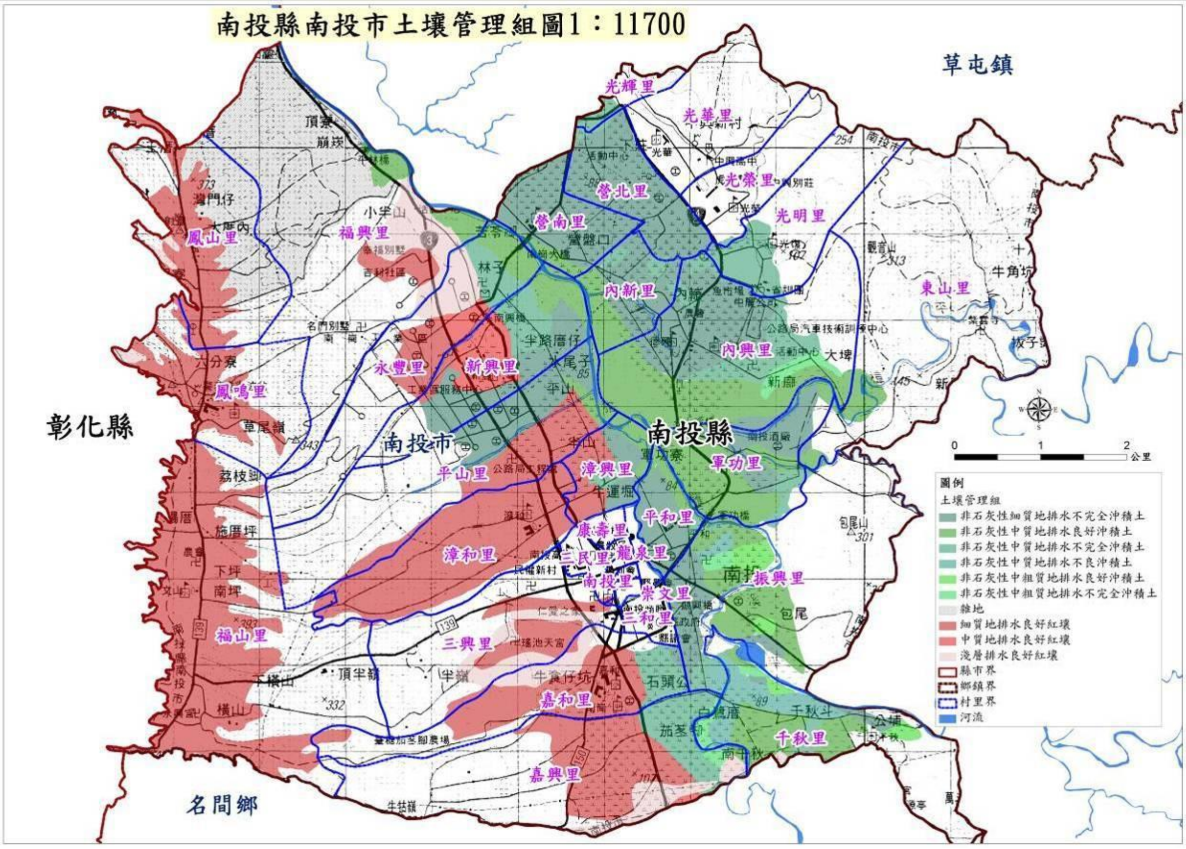
5. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。

6. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題。

7.有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，及使用健康安全。

103 年南投縣南投市土壤性質與土壤健康管理檢測

黃維廷　官青杉



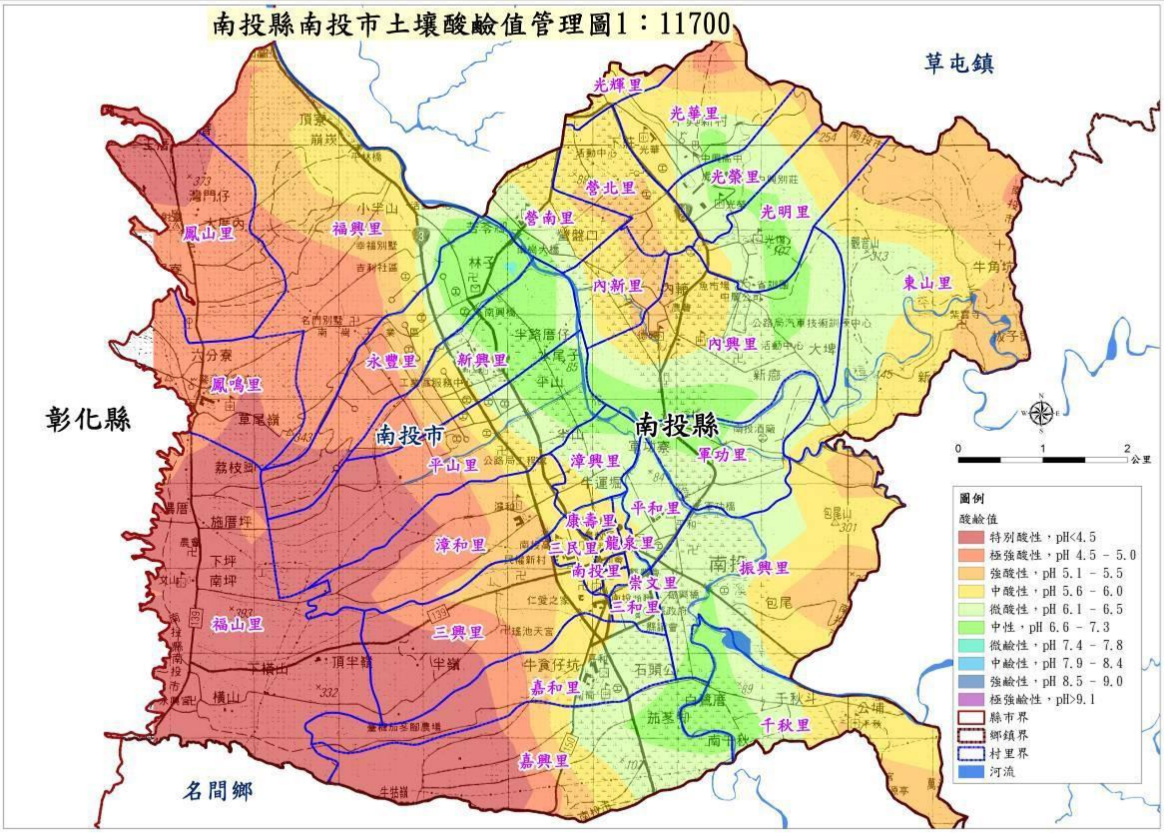
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

南投市地區土壤性質

查詢農業試驗所土壤資訊管理系統，南投縣市鳳梨主要種植分佈於名間鄉與南投市與彰化縣交界八卦山脈之鳳山里、鳳鳴里、福山里，與名間鄉交界之嘉興里。土壤管理組圖顯示南投市種植區土壤大部分排水均良好，主為紅壤，土壤管理組圖顯示土壤為中質地或細質地。

土壤肥力管理圖顯示除了鳳鳴里之六分寮與草尾嶺保肥力低外，其餘保肥力中等以上。

下圖土壤酸鹼值管理圖顯示鳳山里及鳳鳴里為極酸性土壤，土壤酸鹼度pH4.5-5.0，至於福山里與嘉興里則為特別酸性土壤，pH< 4.5，因為鳳梨偏嗜酸性土壤，所以無需施用石灰改良，本區土壤甚適合鳳梨之種植栽培。

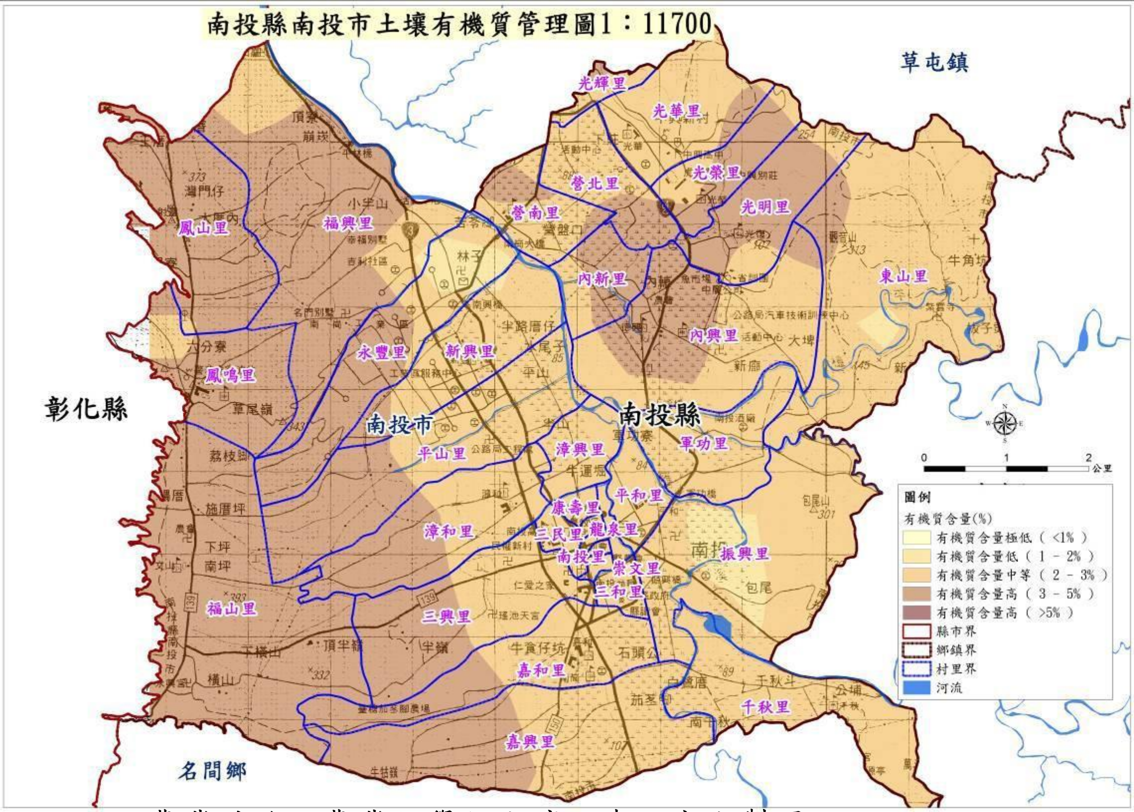


農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

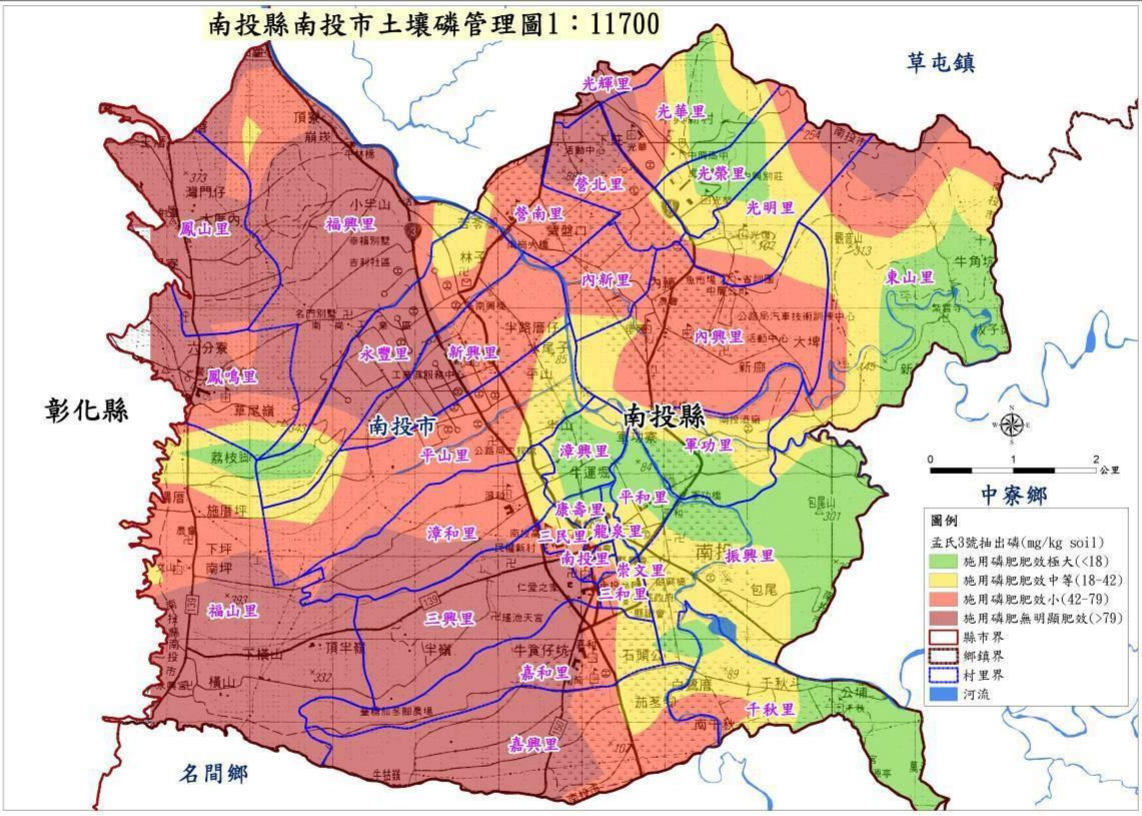
南投市種植區土壤之土壤有機質含量高約 **3-5%**，建議可以減少有機肥施用，果農經年累月投入有機肥料，建議無需每年施用，可隔 1 至 2 年才施用，可節省為數可觀之有機肥成本。

土壤磷管理圖顯示，除了鳳鳴里與福山里交界之荔枝腳附近黃色與綠色部分施用磷肥肥中等至極有效外，其餘產區土壤施用磷肥肥效小或無明顯肥效，管理上只要施用複合肥料或有機複合肥料，鳳梨所需磷肥已足夠，無需加強強調磷肥管理。對鳳梨生育而言，加強鉀肥之管理對於鳳梨栽培具有提升生產之改善空間

與潛力。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖



鳳梨健康管理---土壤健康檢查與施肥

實施土壤檢測之實例

土壤分析資料

土壤分析資料	pH	電導度	有機質	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂	交換性鈉
		mS/cm	%	-------------------------------mg/kg--------------------------------					
莊啟南1區表土	4.0	0.09	2.2	38	**42**	74	**164**	**22**	10
莊啟南1區底土	4.1	0.10	2.1	32	**45**	83	**207**	**29**	17
莊啟南2區表土	3.9	0.22	2.0	130	148	205	**267**	57	10
莊啟南2區底土	4.5	0.15	1.7	225	176	221	**170**	42	19
參考值	**4.5-6.50**		**2.0** 以上		**50** 以上	**150** 以上	**1000** 以上	**200** 以上	＜**100**
			1.0 以上				**500** 以下	**80** 以上 **50** 以上？	

參考值為果樹參考值，鳳梨 **pH**，鈣與鎂可能需要修改　**500** 以上　50 以上

重金屬檢查	鐵	錳	銅	鋅	鎘	鉻	鎳	鉛
	--mg/kg--							
莊啟南 1 區表土	76	3	3	1	0.0	0.1	0.1	5.8
莊啟南 1 區底土	67	2	3	1	ND	0.0	0.1	5.1
莊啟南 2 區表土	34	14	2	5	0.0	0.0	0.1	3.9
莊啟南 2 區底土	39	11	2	3	ND	0.0	0.1	4.3
參考值	未訂	未訂	**<20**	**<25**	**<0.4**	**<10**	**<10**	**<15**

植體分析資料

	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	--------------------------------%--------------------------------					-----------------------mg/kg----------------------				
莊啟南 1 區鳳梨	2.15	0.14	3.84	0.18	0.19	61	111	7	18	**14**
莊啟南 2 區鳳梨	1.69	0.15	3.95	0.12	0.15	48	201	5	21	**16**
暫時參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

檢測之說明解釋

1. 土壤酸鹼度極低 **pH4.0-4.5**，故土壤交換性鈣與交換性鎂肥力亦低。因為鳳梨偏嗜酸性土壤，所以無需施用石灰改良，本區土壤甚適合鳳梨之種植栽培。
2. 潛在缺鎂、鈣及缺鐵，尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。
3. 葉片硼偏低，微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變。建議於電石

或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

4 土壤有機質 OM%尚可，建議基肥可以施用氮素不高於 2%，非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。

5. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。

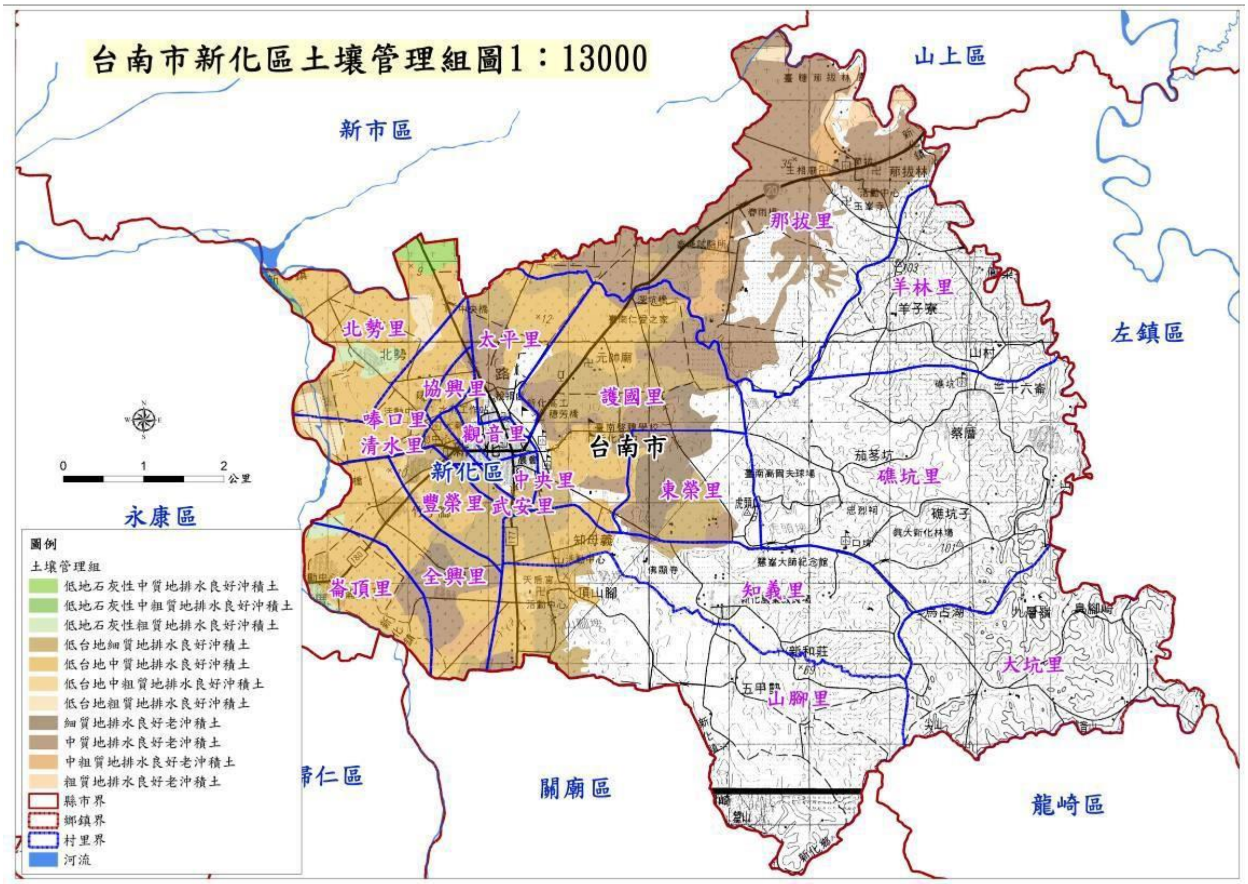
6. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題，但鉛稍為高需注意有機肥來源問題。

7.有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，及使用健康安全。

104 年台南市新化區土壤性質與土壤健康管理檢測

黃維廷　　官青杉

台南市新化區土壤性質

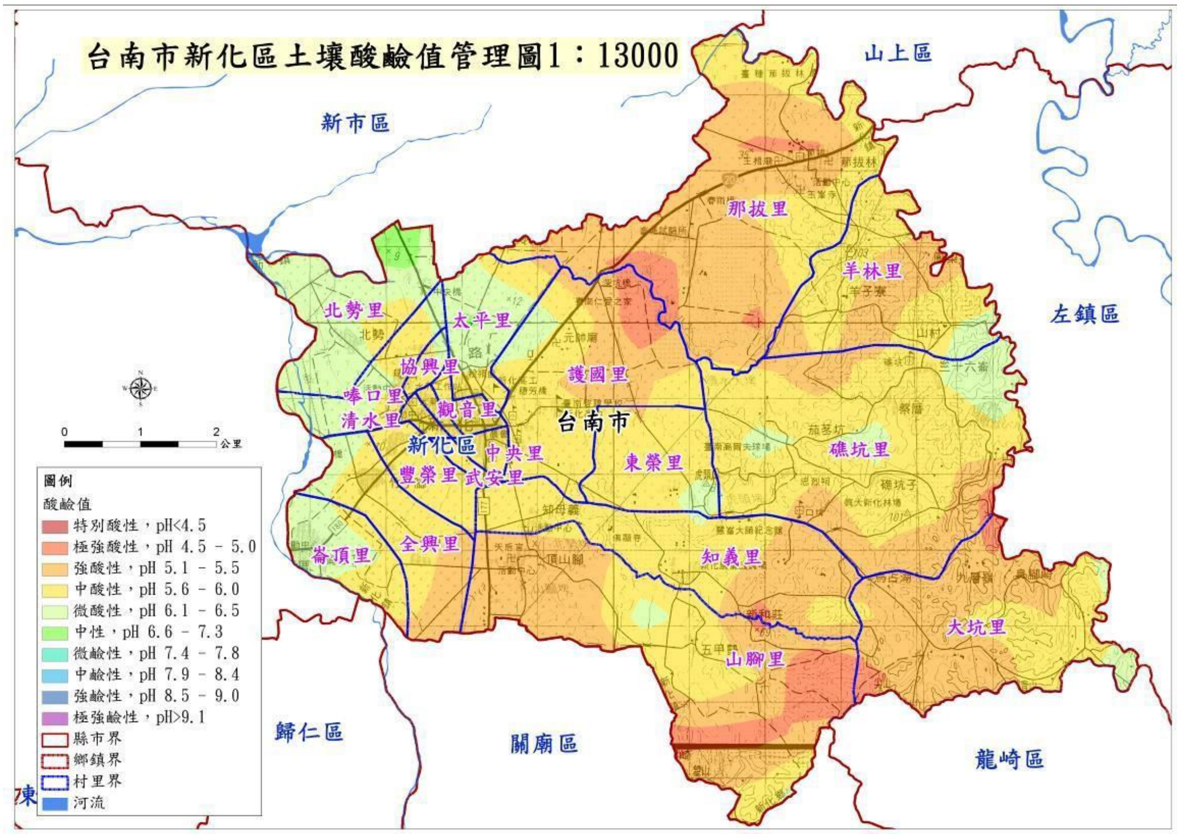


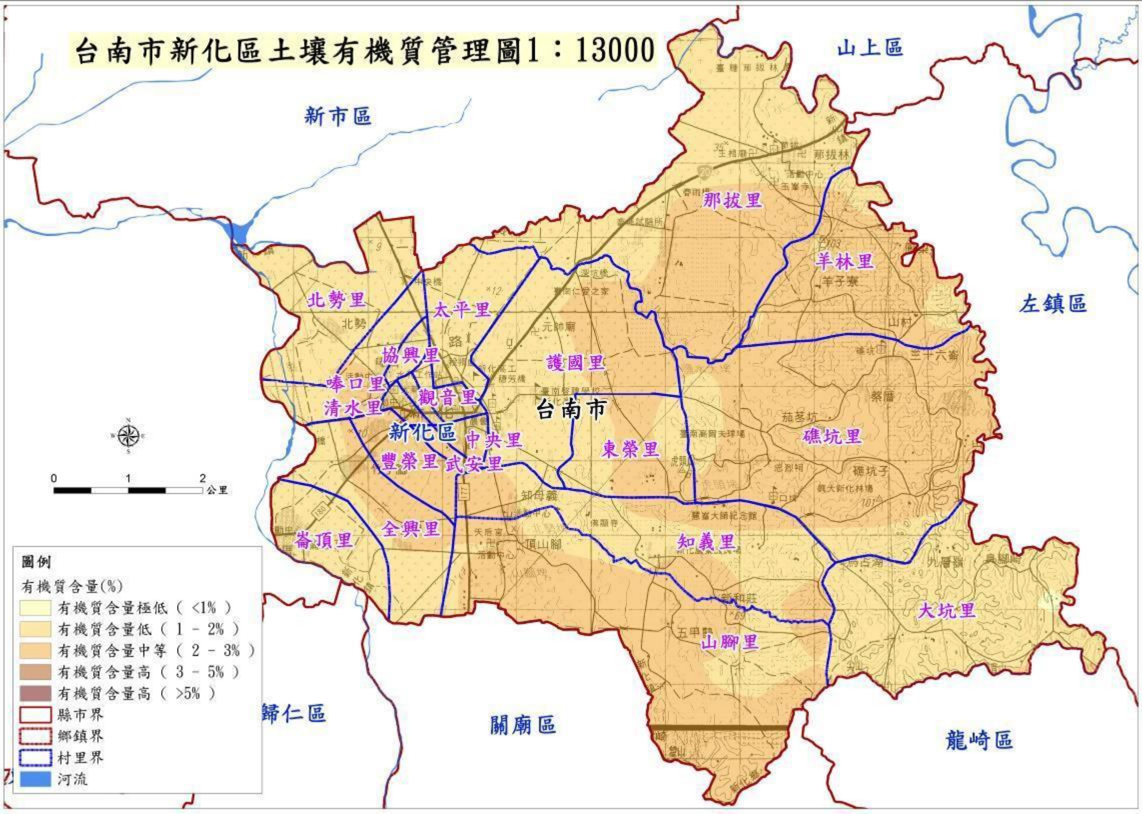
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

查詢農業試驗所土壤資訊管理系統，新化地區土壤大部分排水均良好，主要為沖積土，土壤管理組圖顯示新化區土壤為 中質地至中細質地，保肥力中等以上，所以施肥量宜斟酌減用。而新化區沖積土之歧異甚大，石灰性、非石灰性之沖積土及老沖積土均有分佈。因此 下圖之土壤酸鹼度亦呈現酸性 土壤至中鹼性土壤交 錯而多元的分佈情形 。鈣與鎂等鹽基或養分甚豐足， 不需施用石灰或鈣鎂肥改良 土壤 。

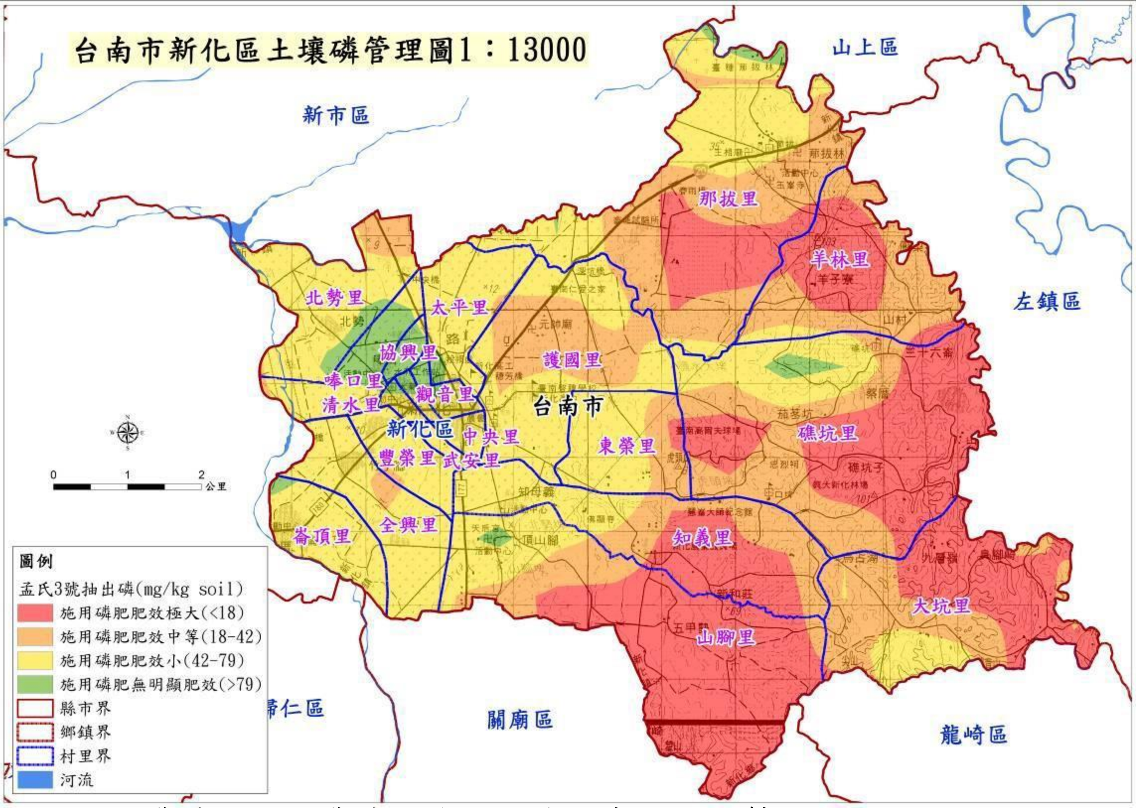
有機質含量偏低，土壤有機質 **OM%**稍低，建議鼓勵有機複合肥之施用。及施用非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。

土壤檢測結果本鄉土壤有效性磷相當低，如 土壤磷肥管理圖紅色部分所示施 磷肥肥效極大，土壤鉀管理圖之綠色部分亦顯示施用鉀肥極有肥效，所以磷肥與 鉀肥加強管理對於新化區鳳梨栽培可能具有提升生產之改善空間與潛力。

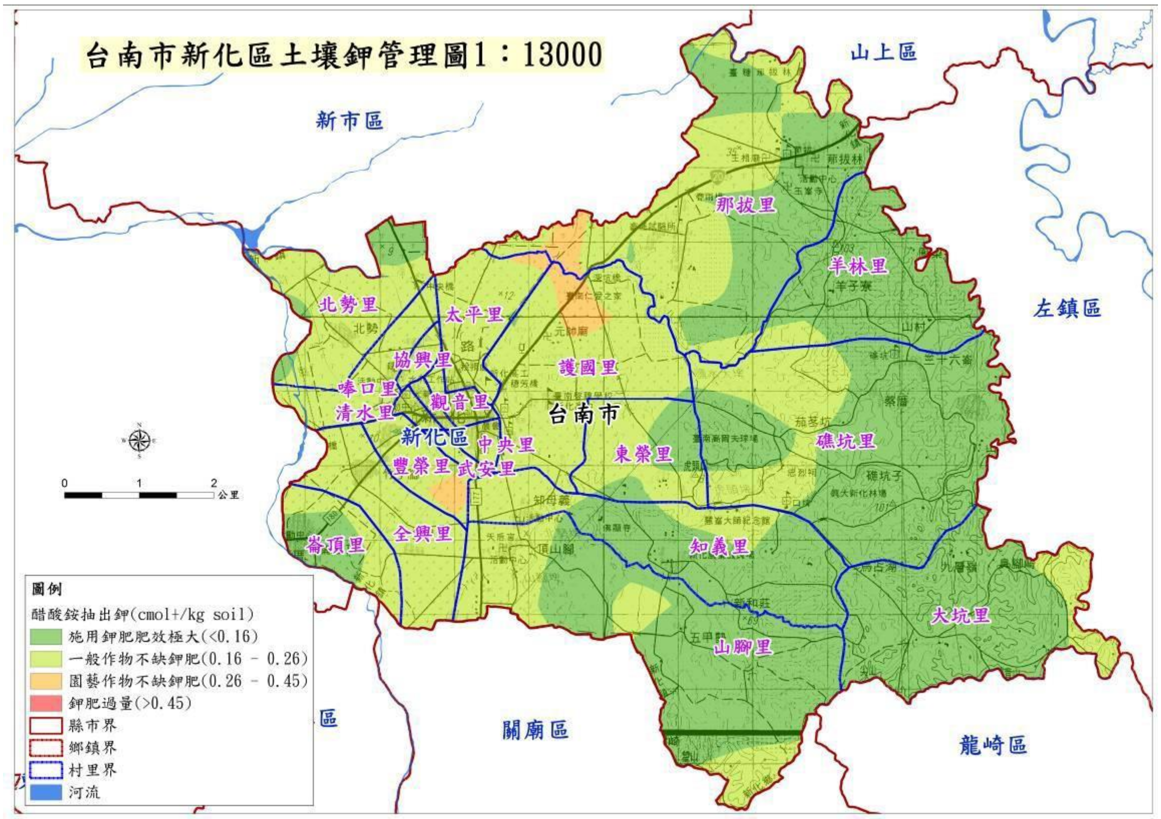




農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

新化鳳梨健康管理---土壤健康檢查與施肥

實施土壤檢測之實例

	pH	有機質	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂	交換性鈉
2015/3/16		%	(mg/kg)	----------------------------------	----------mg/kg----------	----------------------------------		
新化康朝宗 1 區表土 新化	5.1	0.6	15	**40**	**75**	796	127	16
康朝宗 1 區底土 新化康朝宗 2 區表土	5.7	0.6	11	**42**	**79**	815	136	19
新化康朝宗 2 區底土	4.1	0.9	18	**7**	**28**	224	77	14
	4.4	0.8	17	**13**	**29**	302	112	24
參考值	4.5-6.5	2.0 以上		100 以上	150 以上	1000 以上	100 以上	＜100
		1.0 以上				500 以下	80 以上	

重金屬分析

2015/3/16	鐵	錳	銅	鋅	鎘	鉻	鎳	鉛
	mg/kg							
新化康朝宗 1 區表土	250	22	2	2	0.04	0	1	2.0
新化康朝宗 1 區底土	206	19	1	2	0.02	0	0	1.7
新化康朝宗 2 區表土	241	18	2	2	0.02	0	1	2.2
新化康朝宗 2 區底土	183	18	2	2	0.02	0	1	1.7
參考值	未訂	未訂	<20	<25	<0.4	<10	<10	<15

植體分析資料

2015/3/16 鳳梨	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	%					mg/kg				
新化康朝宗 1 區上半部鳳梨葉片	1.1	0.06	2.1	0.36	0.19	48	383	2	**0**	18
新化康朝宗 1 區下半部鳳梨葉片	0.6	0.04	1.1	0.29	0.13	33	297	2	**2**	**6**
新化康朝宗 2 區裂果上半部鳳梨葉片	1.8	0.13	3.6	0.45	0.42	133	514	5	23	25
新化康朝宗 2 區裂果下半部鳳梨葉片	1.0	0.10	2.2	0.23	0.25	80	241	6	24	**8**
參考值	**1.4-1.9**	**0.16-0.20**	**1.8-2.5** 或 **3.4-4.0**	**0.27** 以上	**0.2** 以上	**80-150**	**150-400**	**10-50**	**15-70**	**14**

檢測之說明解釋

1. 土壤酸鹼度低 **pH4.0-5.0**，因為鳳梨偏嗜酸性土壤，所以尚無需施用石灰改良，本區土壤甚適合鳳梨之種植栽培。
2. 土壤磷及鉀肥力稍低，葉片磷亦低，宜加強磷鉀肥施用。
3. 潛在缺鎂及缺鐵，尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。
4. 葉片硼偏低，微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變。建議於電石或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

5. 有機質含量偏低，土壤有機質 **1.0%**以下，建議鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基肥施用非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高有機資材。
6. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。
7. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題。

8 新化康朝宗 1 區葉片缺鋅，但未見明顯癥狀，值得再確認檢查，先以鋅錳乃浦補充，觀察植體能否吸收。

9.有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，及使用健康安全。

104 年台南市關廟區土壤性質與土壤健康管理檢測

黃維廷　官青杉 台南市關廟區土壤性質

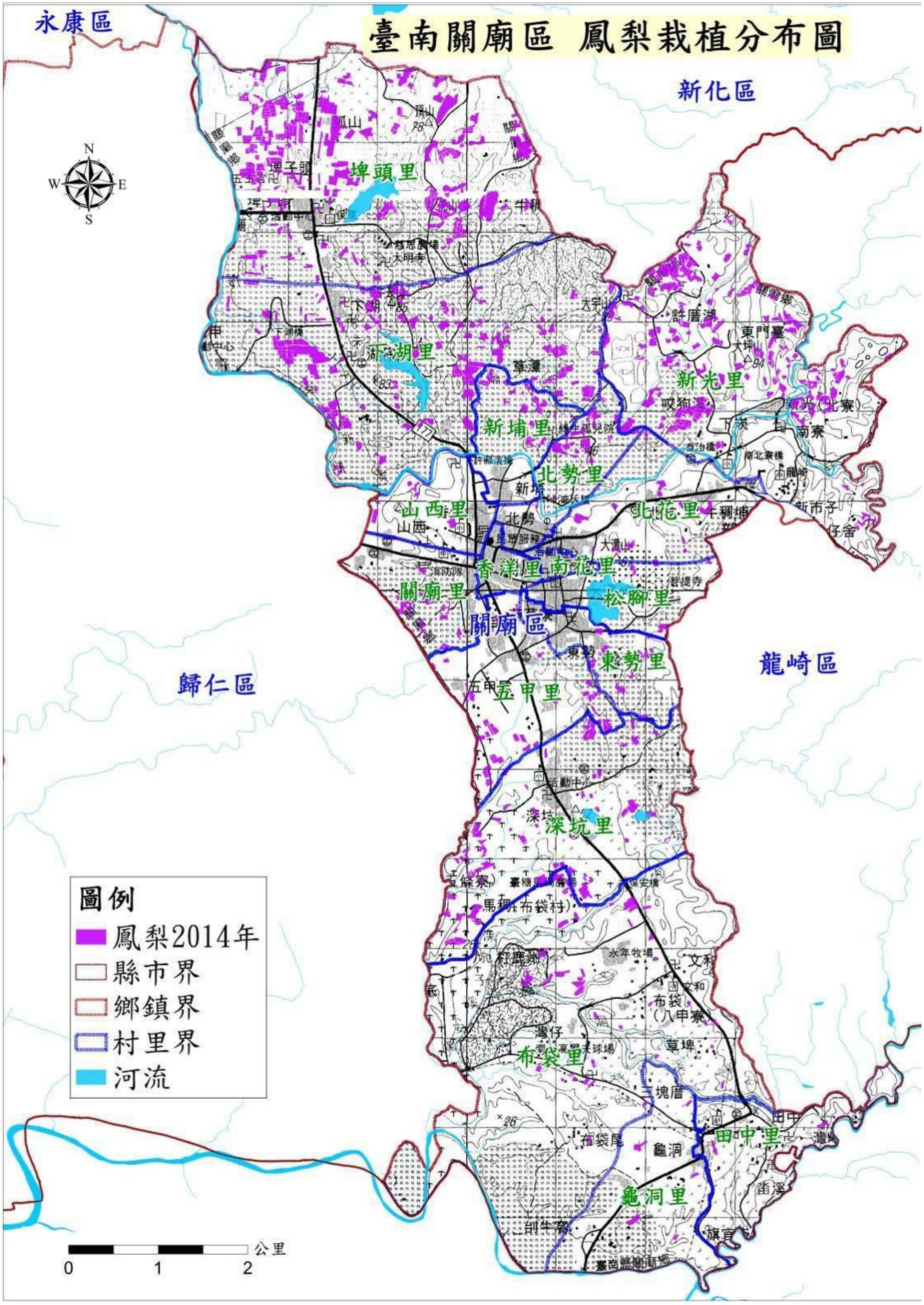
本鄉為台灣極著名之鳳梨產區，栽種廣泛分佈於各村里之不同地形(低地，台地)、不同質地且不同土壤母質之土壤(甚至少數如新光里低地石灰性土壤)，但是均具有排水良好之共同特點。

栽種地土壤酸鹼度有特別酸性 pH＜4.5，極強酸性 pH4.5-5.0，強酸性 pH5.0-5.5，中酸性 pH5.5-6.0，但是上限為 **pH** 相當高之微酸性 **pH6.0-6.5** 之新光里，足見鳳梨偏嗜酸性土壤，避免 pH≧7.0，但 pH6.5-7.0 高，如為中鹼性，其土壤鈣未超過 2500ppm 則尚未傷害根或影響根伸展。新光里之鳳梨品質與生育狀況是否受 **pH** 相當高之影響，值得深入探究。

土壤 pH 與土壤改良策略：

1. pH＜4.0，種植前整地基肥施肥考慮施用石灰資材
2. pH4.5-5.0，無需施用石灰改良，甚適合鳳梨之種植栽培。
3. pH6.5-7.0 高，如為中鹼性，其土壤鈣未超過 2500ppm 則尚未傷害根或影響根伸展。

本鄉有機質含量偏低，土壤有機質 1.0-2.0%，建議鼓勵追肥以有機複合肥之施用。及種植前整地基肥施用非粕類但纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

臺南關廟區土壤管理組圖

圖例

土壤管理組 低地石灰性中質地排水良好?中積土 低地石灰性中粗質地才 ㄔ(良好?中積土 低地石灰性粗質地排水良好沖積土 低台地細質地排水良好沖積土 低台地中質地排水 良好沖積土 低台地中粗質地排水 良好沖積土 低台地粗質地排水 良好沖積土

回細質 地排水良好老:中罪責 土

圖 中質地排水良好老沖積土

中粗質地排水 良好老沖積土

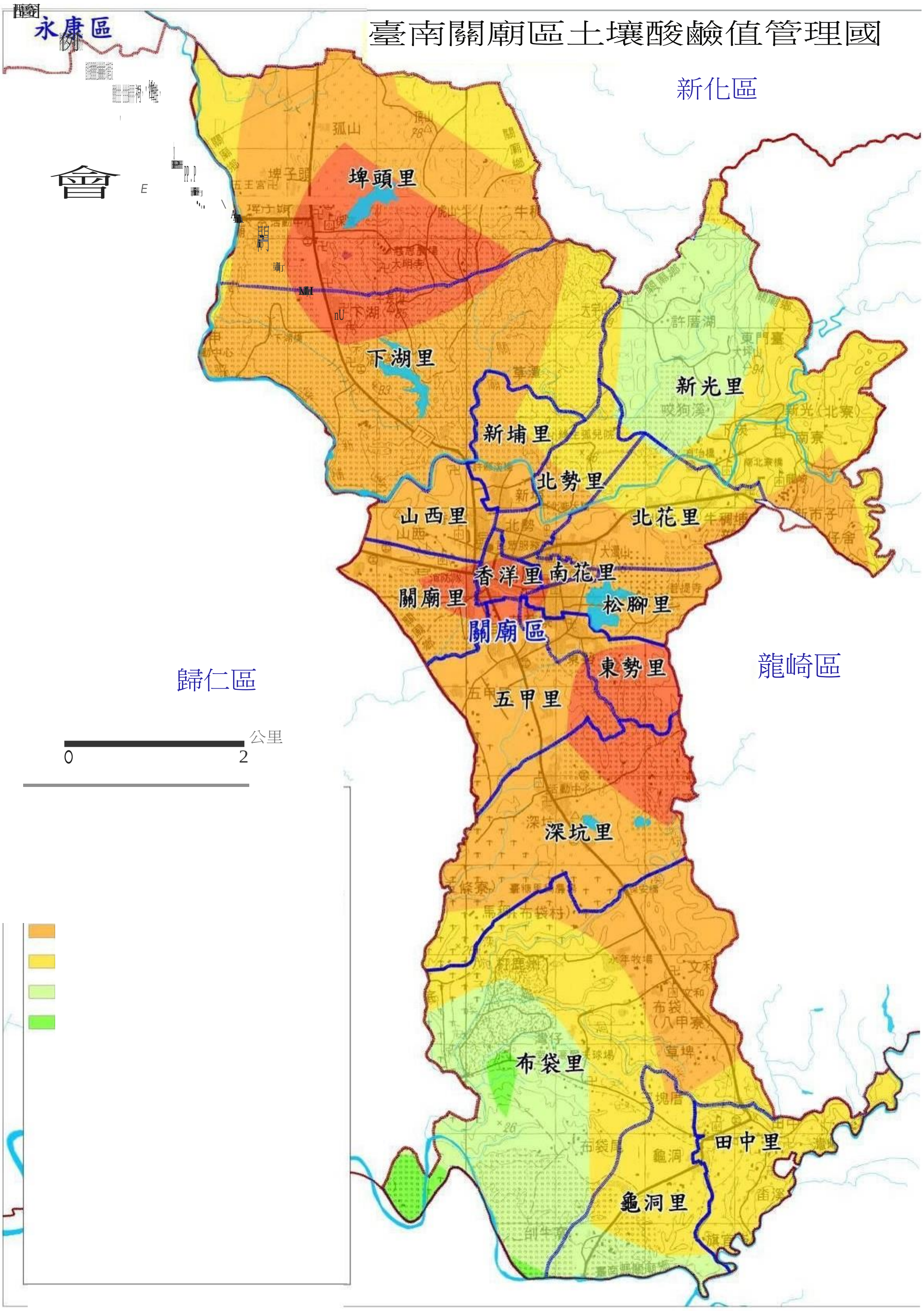
粗質地排水良好老沖積土

縣市界

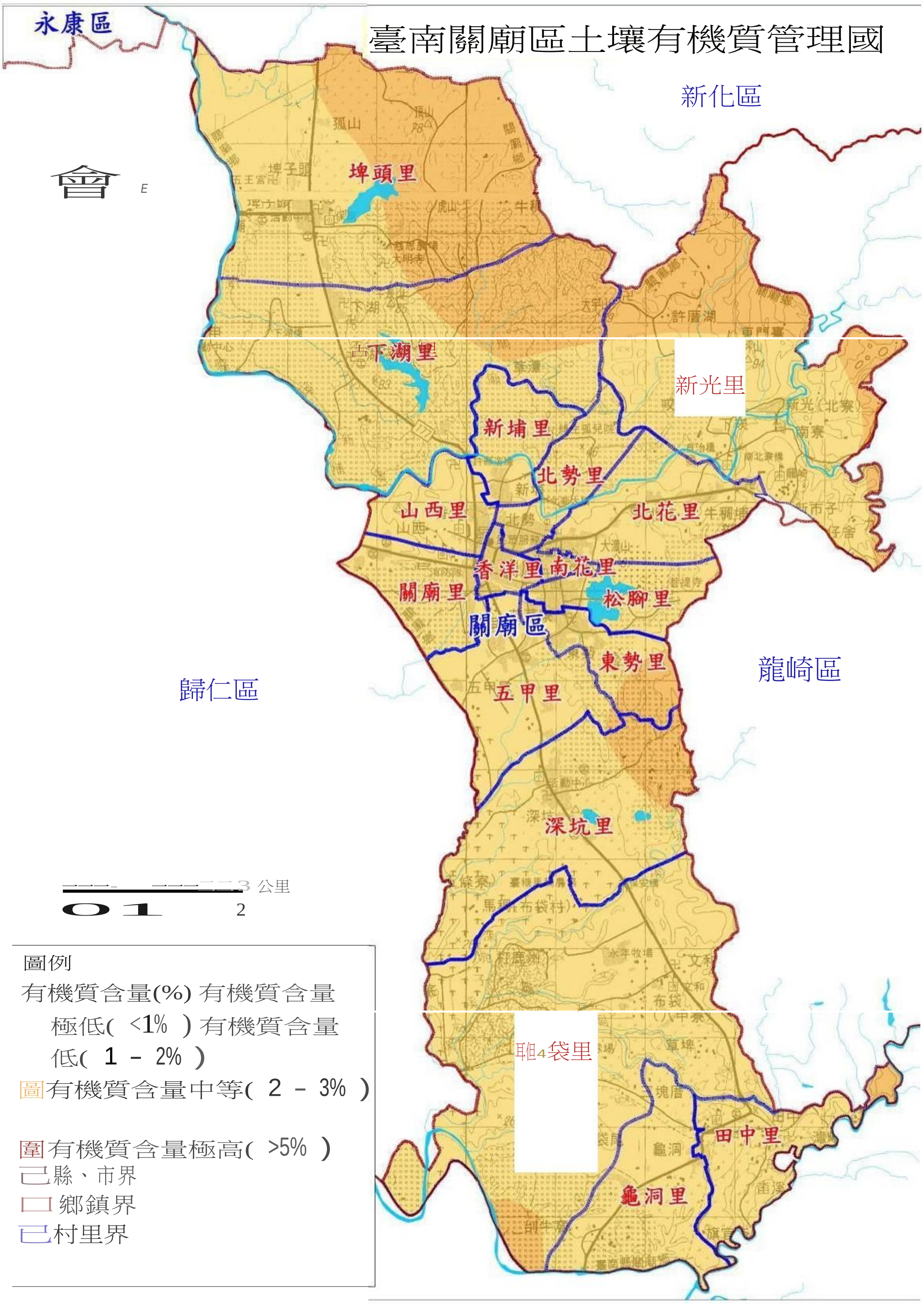
鄉鎮界

村里界

農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖



農業試驗所農業化學組土壤調査研究室製圖

關廟鳳梨健康管理---土壤健康檢查與施肥

實施土壤檢測之實例

土壤分析資料

2014/10/22	pH	有機質 %	有效性氮 (mg/kg)	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂	交換性鈉	電導度 (µS/cm)
				----------------	----------------	mg/kg	----------------	----------------	
黃國清表土	4.4	0.3	16	143	13	216	16	5	37
黃國清底土	4.2	0.3	9	158	19	174	12	-1	43
黃白練表土	**3.5**	0.5	205	85	78	418	55	17	450
黃白練底土	**3.9**	0.5	102	46	50	306	43	2	153
王再基表土	**3.7**	0.8	342	184	108	482	106	22	677
王再基底土	**3.9**	0.8	97	94	49	338	49	4	186
參考值	4.5-6.5	2.0 以上		100 以上	150 以上	1000 以上	100 以上	＜100	
		1.0 以上				500 以下	80 以上		

參考值為果樹參考值，鳳梨除了 pH 外其他磷鉀鈣可能需要修改

重金屬分析

2014/10/22	鐵	錳	銅	鋅	鎘	鉻	鎳	鉛
	----------	----------	----------	----------	mg/kg	----------	----------	----------
黃國清表土	101	11	2	3	0.0	0.1	0.4	2.9
黃國清底土	118	12	3	3	0.0	0.1	0.3	3.6
黃白練表土	254	75	1	2	0.0	0.1	0.8	0.9
黃白練底土	220	56	1	2	0.0	0.1	0.9	1.0
王再基表土	127	49	1	2	0.0	0.1	0.7	1.7
王再基底土	123	29	1	2	0.0	0.1	0.4	1.4
參考值	未訂	未訂	<20	<25	<0.4	<10	<10	<15

植體分析資料

關廟 2014/10/22 鳳梨	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	--------------%					--------------mg/kg				
黃國清鳳梨上部葉片	1.31	0.37	2.52	0.28	0.17	39	324	6	**17**	13
黃國清鳳梨下部葉片	0.81	0.38	1.87	0.33	0.17	46	311	7	22	9
黃白練鳳梨上部葉片	1.31	0.12	2.34	0.21	0.13	30	429	5	**14**	27
黃白練鳳梨下部葉片	0.98	0.21	1.91	0.25	0.13	26	441	4	**17**	10
王再基鳳梨上部葉片	1.24	0.27	2.68	0.26	0.18	40	307	5	**13**	12
王再基鳳梨下部葉片	0.97	0.36	2.18	0.33	0.17	38	236	5	18	9
參考值	**1.4-1.9**	**0.16-0.20**	**1.8-2.5** 或 **3.4-4.0**	**0.27** 以上	**0.2** 以上	**80-150**	**150-400**	**10-50**	**15-70**	**14**

檢測之說明解釋

1. 土壤 **pH** 低於 **4.0** 極強酸性，並且土壤交換性鈣與交換性鎂肥力亦低，需要考慮施石灰之需要。
2. 土壤交換性鉀肥力稍低，宜加強磷鉀肥施用。
3. 潛在缺鎂、鋅及缺鐵，尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含勞力）與經濟效益，既不划算亦不實際。
4. 葉片硼偏低，微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變。建議於電石或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

 土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

 葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

5. 有機質含量偏低，土壤有機質 **1.0%**以下，建議鼓勵追肥有機複合肥之施用。及基肥施用非粕類但纖維質及碳較高，碳氮比 C/N 較高之有機資材。
6. 從交換性鈉與 EC 電導度值檢視，無鹽害 salinity 問題。
7. 重金屬檢查無重金屬累積污染問題。

8.有機肥資材可執行重金屬檢查與三要素成分測定，確保三要素成分與來源穩定，及使用健康安全。

營養診斷採樣方法及土壤與葉片養分適宜參考範圍

與嘉義分所共同執行鳳梨園土壤與肥培管理調查，建立與釐定適用台灣本土之鳳梨土壤與葉片營養診斷方法:

調查葉片分析，採樣方法依據文獻催花前 3 及 1 個月〈進入生殖期前之營養生長成熟期〉，採樣部位為植株最長或高，且完全成熟之葉〈又稱為 D 葉〉。每園 15 葉以上，基部重疊對齊後切除葉片上部，僅留存基部供植體分析。但因底部 **15** 公分黃白色部分很容易破裂或殘留土表下以致不完整，而 有採取操作的困 難 ，故 額外截取 15 公分以上至 40 公分左右之上部葉片供分析。

比較兩種採樣方法部位之養分差異。下表顯示， 鳳梨上部葉片 磷含量明顯低於 基部者， 而 葉片氮明顯高於 基部者， 葉片鉀則不一定。至於 鈣與鎂養分， 上部葉片僅稍略 低於 基部者，差異甚 微，至於微 量元素兩 種採樣方法 除了葉片 鐵含量之外， 其餘錳、銅、鋅與硼 與鎂養分含量 相當接近，亦無 明顯 差異。 截取 15 公分 以上部位之採樣方法與目前規定之基部採樣應可互通並用，但仍須繼續試驗與調 查確認與提高其可行性。

民雄劉茂南葉片磷含量〈上部葉片〉與鈣含量似乎分別低於臨界診斷值 0.16％與 0.27％，但葉片外觀與產量品質未出現異常情形，至於梅山翁明賢之葉片鎂與鐵含量分別低於臨界診斷值 0.20％與 80 mgkg^{-1}，葉片外觀與產量品質亦未表現異狀。上部葉片磷含量之營養診斷解釋特別注意，需要配合基部之分析結果。葉片次量元素鈣、鎂及微量元素鐵等養分，對於鳳梨果實生育之影響與目前參考診斷值的適用性，或下修的空間，必須進一步執行鳳梨園土壤與肥培管理試驗與調查，加以釐清訂定。

鳳梨調查園植體分析資料

	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	--------------------%--------------------					------------mg/kg------------				
梅山翁明賢 1 區上部葉片	1.76	0.31	3.85	0.25	0.13	59	180	6	21	**11**
梅山翁明賢 1 區基部葉片	1.6	0.47	4.08	0.28	0.12	46	151	10	27	**8**
梅山翁明賢 2 區 上部葉片	1.69	0.19	2.87	0.19	0.16	59	136	6	18	**8**
梅山翁明賢 2 區 基部葉片	1.59	0.34	3.37	0.26	0.20	**72**	159	9	28	**7**
民雄劉茂南上部葉片	1.28	0.09	2.46	**0.12**	0.17	75	121	5	17	**13**
民雄劉茂南基部葉片	1.09	0.17	2.42	**0.15**	0.20	113	148	8	23	**8**
暫定參考值	1.4-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5 或 3.4-4.0	0.27 以上	0.2 以上	80-150	150-400	10-50	15-70	14

植體分析資料

關廟 2014/10/22 鳳梨	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	---------------	---------------	%	---------------	---------------	---------------	---------------	mg/kg	---------------	---------------
黃國清鳳梨上部葉片	1.31	0.37	2.52	0.28	0.17	39	324	6	**17**	13
黃國清鳳梨下部葉片	0.81	0.38	1.87	0.33	0.17	46	311	7	22	9
黃白練鳳梨上部葉片	1.31	0.12	2.34	0.21	0.13	30	429	5	**14**	27
黃白練鳳梨下部葉片	0.98	0.21	1.91	0.25	0.13	26	441	4	**17**	10
王再基鳳梨上部葉片	1.24	0.27	2.68	0.26	0.18	40	307	5	**13**	12
王再基鳳梨下部葉片	0.97	0.36	2.18	0.33	0.17	38	236	5	18	9
參考值	**1.4-1.9**	**0.16-0.20**	**1.8-2.5 或 3.4-4.0**	**0.27 以上**	**0.2 以上**	**80-150**	**150-400**	**10-50**	**15-70**	**14**

鳳梨為嗜酸性土壤作物，避免 pH≧7.0，一般土壤 pH 6.5-7.0，土壤鈣 Ca 約 1400 至 3000 $mgkg^{-1}$ ，如果土壤鈣 Ca 2500 $mgkg^{-1}$ 以上會傷害與影響鳳梨根系伸 展。如下表所示土酸性紅土壤檢測值 pH 3.5-4.5，土壤鈣 Ca 大約 200 至 600 $mgkg^{-1}$，土壤交換性鎂含量偏低 大約 20 至 150 $mgkg^{-1}$ ，鎂可能有助於鳳梨果品之甜度與減少澀味增進肥甘，潛在葉片缺鎂尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含資材與操作勞力成本）與經濟效益，既不划算亦不實際。除非經過試驗評估與改良施用方法，目前並不推荐鎂肥之補充。 鳳梨一般種植於酸性紅土，土壤鐵 Fe 與鋅 Zn 有效含量均高，除非 葉片分析檢查顯示缺乏〈鐵缺乏時新葉黃白化，僅少數鹼性高地區可見 〉 。無需額外補充。表中之參考值為一般果樹參考值， 鳳梨 pH，鈣與鎂可能需要修改如下 表 1：

參考值 pH**4.5-6.50** 下修為 **4.0-6.00**

有機質 **2.0** 以上下修為 **1.0** 以上（ 不影響生育產量）

交換性鈣 **1000** 以上，下修 **500** 以上 ，範圍為 **500-1000**

交換性鎂 **200** 以上，下修 **50** 以上 ，範圍為 **50-100**

表 1 鳳梨調查園土壤分析資料

	pH	電導度	有機質	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂
		mS/cm	%	---------------------------------mg/kg----------------------------------				
梅山翁明賢 1 區表土	4.5	45	0.8	9	132	**42**	189	**18**
梅山翁明賢 1 區底土	4.6	48	0.8	6	190	**57**	309	**21**
梅山翁明賢 2 區表土	4.6	77	2.1	26	210	100	559	70
梅山翁明賢 2 區底土	4.7	44	1.1	9	169	**73**	358	**53**
民雄劉茂南表土	4.1	321	1.4	135	**27**	133	381	154
民雄劉茂南底土	4.0	198	1.4	60	**32**	97	220	91
新港西北集貨場表土	4.7	47	**1.1**	17	**30**	**51**	408	**51**
新港西北集貨場底土	4.9	52	**1.0**	16	**30**	105	498	70
參考值	**4.5-6.5** **4.0-6.0**	**0.25-0.35**	**2.0 以上** **1.0 以上**	**100 以上**	**50 以上**	**150 以上**	**1000 以上** 改 **500-100**	**200 以上** 改 **50-100**

土壤分析與葉片養分適宜參考範圍

目前使用之土壤分析與葉片養分適宜參考範圍暫定

農試所 黃維廷

土壤肥力檢測	pH	電導度	有機質	有效氮	土壤磷	土壤鉀	土壤鈣	土壤鎂	土壤鈉
		μS/cm	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
參考值	**4.0-6.0**		**1.0 以上**		**50 以上**	**150 以上**	**500-100**	**50-100**	**＜100**

重金屬檢查	鐵 Fe	錳 Mn	銅 Cu	鋅 Zn	鎘 Cd	鉻 Cr	鎳 Ni	鉛 Pb
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
參考值	未訂	未訂	**<20**	**<25**	**<0.4**	**<10**	**<10**	**<15**

農試所 黃維廷

葉片分析	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	硼
	----------------------------------%----------------------------------					-----------------------mg/kg-----------------------				
參考值	**1.4-1.9**	**0.16-0.20**	**1.8-2.5** 或 **3.4-4.0**	**0.27** 以上	**0.2** 以上	**80-150**	**150-400**	**10-50**	**15-70**	**14**

暫行葉片養分適宜參考範圍源自於參考下列國外文獻整理而得：

Plant analysis data 鳳梨的葉片養分分析資料

Plant analysis data - Macronutrients

Variety & plant part	Stage of growth	Source	% of dry matter				
			N*	P	K	Mg	Ca
Smooth Cayenne; yougest mature leaf, white basal part	-	Samuels & Gandia-Diaz, 1960	1.6-1.9	0.16-0.20	1.8-2.5	-	-
			(OS)	(OS)	(OS)		
ditto	9 months old	Hernandez-Medina, 1969	-	-	-	0.20	-
						(CVY)	
ditto	Grand growth (summer)	Su, 1969	1.4	0.18-0.20	3.4	0.28	-
Red Spanish; yougest mature leaf, white basal part	22 months old	Cibes & Samuels, 1958	-	-	-	0.25	0.27

Plant analysis data 鳳梨的葉片養分分析資料

Plant analysis data - Macronutrients

Variety & plant part	Stage of growth	Source	% of dry matter				
			N*	P	K	Mg	Ca
Smooth Cayenne; D leaf--the oldest on the plant, retaining only 15cm bottom part	6,3 and 1month prior to flower induction	D.j.Reuter,1997		**0.18-0.22**	**0.32-0.38**	**0.023-0.027**	**0.013-0.018**
20 cm long central part of 20 "D" leaves	**Just before flowering**	(Lacoeuilhe, 1984)	**1.5-1.7**		**2.2-3.0**		

Norms proposed for 'D'-leaf mineral element content.

Element	Vegetative	Basal white* mgkg-1 Induction 催花	Deficient	Whole leaf** inflorescence emergence
N				15-17 gkg^{-1} 1.5-1.7
P	110 0.011	200 0.020	＜100 ＜0.01	～1.0 gkg^{-1} ～0.1
K	3000-3500 0.30-0.35	3000 0.30	2000 0.20	22-30 gkg^{-1} 2.2-3.0
Ca	150 0.015	150 0.015	90 0.009	8-12 gkg^{-1} 0.8-1.2
Mg	250-270 0.025-0.027	250-270 0.025-0.027	90 0.009	～3.0 gkg^{-1} ～0.3
Zn				10 mgkg^{-1}
Cu				8 mgkg^{-1}
Mn				50-200 mgkg^{-1}
Fe				100-200 mgkg^{-1}
B				30 mgkg^{-1}

＊data from Glennie, 1977; Swete Kelly, 1993.
＊＊data from Dalldorf and Langenegger, 1978.

Plant analysis data - Micronutrients						
Variety & Plant part	Stage of growth	Source	ppm dry matter			
			B	Mn	Zn	Cu
Smooth Cayenne; yougest mature leaf, white basal part	Lyman & Dean, 1942		-	16-44 (OS)	-	
Red Spanish ; Youngest mature leaf, white basal part	22 months old	Cibes & Samuels, 1958	14 (OS)	14 (OS)	-	-
ditto	ditto	Steyn, 1961	-	-	-	9-12 (OS)
OS = Optimum supply						

Plant analysis data 鳳梨的葉片養分分析資料

Plant analysis data - Micronutrients							
Variety & plant part	Stage of growth	Source	ppm dry matter				
			Fe	B	Mn	Zn	Cu
Smooth Cayenne; D leaf--the oldest on the plant, retaining only 15cm bottom part	6,3 and 1month prior to flower induction	D.j.Reuter,1997	80-150		150-400	15-70	10-50

鳳梨土壤管理與施肥原則

鳳梨適栽之土壤條件，因鳳梨耐旱，可在淺層或石礫質土壤生長。 根系屬於淺根性而且稀疏，在深層土壤鳳梨根系是可以深入至 1 公尺，但是一般 鳳梨的根是集中在 30 公分至 60 公分左右，100%的水分是由此一部位根吸收。

鳳梨可以生長在任何類型的土壤，但是以酸性砂質壤土較為適合。生長範圍之土壤酸鹼度值為 3.5 至 8.0，以 4.5 至 6.5 為佳，但是土壤酸鹼度值為 4.5 至 5.5 時，土生病菌較少， 所以土壤中石灰含量應當較低。

鳳梨之次量要素與微量要素之土壤管理

鳳梨與茶作均為嗜酸性土壤作物，避免 pH≧7.0，土壤檢測值於酸性紅土 pH 3.5-4.5，土壤鈣 Ca 大約 300 至 600 mgkg-1，一般土壤 pH 6.5-7.0，土壤鈣 Ca 約 1400 至 3000 mgkg-1，至於土壤鈣 Ca 超過 1400 mgkg-1 則會傷害茶根，但是土壤鈣 Ca 2500 mgkg-1 以上才會影響鳳梨根系，土壤鈣未超過 2500 mgkg-1 尚未傷害根或影響根伸展。 鳳梨生育與果實對鈣 Ca 之需求，催花使用之電石水即可補充足夠。

土壤 pH 與土壤改良策略：

1.pH＜4. 0，種植前整地基肥施肥考慮施用石灰資材

2. pH4.5-5.0，無需施用石灰改良，甚適合鳳梨之種植栽培。

3.pH6.5-7.0 高，如為中鹼性，其土壤鈣未超過 2500ppm 則尚未傷害根或影響根伸展。

鎂可能有助於鳳梨果品之甜度與減少澀味增進肥甘，潛在缺鎂尚未影響產量或品質〈可能有澀感〉，如欲施用硫酸鎂提升鮮食果品，考量大面積之成本（包含資材與操作勞力成本）與經濟效益，既不划算亦不實際。除非經過試驗評估與改良施用方法，目前並不推荐鎂肥之補充

微量要素錳 **Mn** 與影響茶葉澀味之丹寧含量的分解有關，但是鳳梨對於錳 Mn 並不敏感，不需額外補充。鳳梨一般種植於酸性紅土，**土壤鐵 Fe 與鋅 Zn** 有效含量均高，除非葉片分析檢查顯示缺乏〈鐵缺乏時新葉黃白化，僅少數鹼性高地區可見〉。無需額外補充。鳳梨對於酸性紅土之高量水溶性鋁錳的忍受度甚高。 微量要素硼 **B** 對於鳳梨果實生育極為重要，葉片分析硼含量偏低，缺微量元素硼會引起果實中心（內部中柱）部位褐變與畸形。建議於電石或益收催花時補充硼，兩種方法如下：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 500 公克至 1 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5

次。

土壤有機質管理

鳳梨田不可似一般果園施行草生栽培，土壤有機質 1.0%以下，建議鼓勵：

1. 種植前整地基肥施用非粕類但含纖維質及碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機資材。

2.追肥施用有機複合肥。

1.0%以上至 2％？

3％以上？減少有機肥施用，建議無需每年施用有機肥料，可隔 1 至 2 年才施用，可節省為數可觀之有機肥成本。

鳳梨之土壤水分管理

鳳梨是耐旱作物，但營養生長期缺水時，延緩成長、開花及結果，會影響未來果實的大小及品質。生長期應當充分滿足鳳梨水分的需求。

1.營養生長熟株後至催花前水分與肥培管理，宜限制水分與氮肥，但加強鉀肥：硫酸鉀 20-30 公斤／分地〈施肥前後稍為給水〉。

2.在開花期的缺 水反而影響不嚴重，反而有加速結果及成熟整齊的效果 。開花 期供給大量水分會促成莖部快速生長並且造成果心太大的問題。

3.果實發育期充分滿足鳳梨水分的需求，灌溉方法一般噴灌為多，促進果實肥大。

4.收穫期經常的灌水或是降雨會造成果實品質的低劣，特別是影響糖酸比，過度的灌溉會降低糖度並且讓真菌生長而產生心腐病。

鳳梨氮磷鉀對產量及品質之影響 大

量要素氮-磷-鉀之影響與養分管理

氮與鉀肥：對產量及品質影響最大，需要量高。

磷肥：開花、塊莖芽發生、根的伸長，需要量不特別強調，一般均足夠。磷肥對產量及品質沒有明顯影響。

氮與鉀肥對產量及品質影響

巴西聖保羅 São Paulo (SP), Brazil 〈ADEMAR SPIRONELLOet al., 2004〉

磷肥對產量及品質沒有明顯影響

砂質土 Alfisol 淋餘土

極低肥力 pH 4.1 土壤有機質 1.7%土壤鉀 59ppm 土壤鈣 280ppm 土壤鎂 73ppm-土壤磷 P-resin = 7.5 mg/dm³? = 7.5 ppm

45000 株鳳梨/1 公頃

最高產量 72 噸/公頃

- 氮肥 N: 498 公斤/公頃
- 鉀肥 K2O 氧化鉀:394 公斤/公頃

生產最高比率大果粒〈重 2.6 公斤〉

- 氮肥 N: 550 公斤/公頃
- 鉀肥 K2O 氧化鉀: 560 公斤/公頃

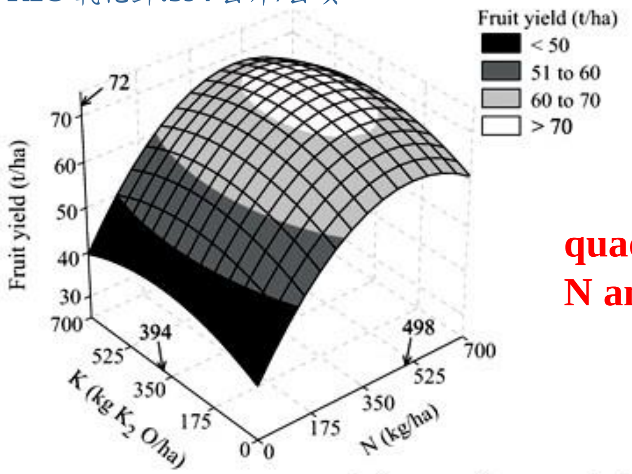
肥料分施 4 次，種植後 1，6，8，10 個月: 11%, 17%, 29%, 及 43%

2 t/ha of 白雲苦土石灰？？？

最高產量 72 噸/公頃之三要素施肥推薦量：

氮肥 N: 498 公斤/公頃

鉀肥 K2O 氧化鉀:394 公斤/公頃



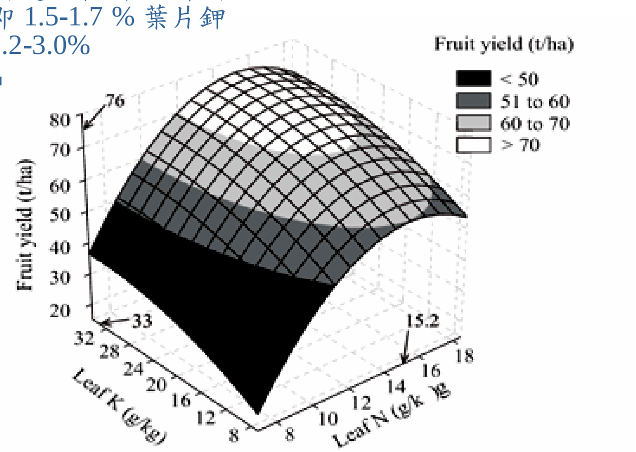
$Yield_{(t/ha)}=37.05+1.14\times10^{-1}N-1.15\times10^{-4}N^2+3.34\times10^{-2}K-4.25\times10^{-5}K^2$

$R^2=0.81$ ($p<0.001$)

FIGURE 1 - Effect of N and K application on 'Smooth Cayenne' pineapple fruit yield. The marked values predict maximum fruit yield. Agudos (SP), 1997.

quadratic effects of N and K on yield

果實收量與葉片氮與鉀含量之關係
達成高產量之葉片適宜範圍： 葉片氮 15-17 g/kg 亦即 1.5-1.7 % 葉片鉀 22-30 g/kg 亦即 2.2-3.0%



$Yield_{(t/ha)}$=-85.28+17.77N-5.84×$10^{-1}N^2$+1.58K-2.34×$10^{-2}K^2$

R^2=0.76 (p<0.001)

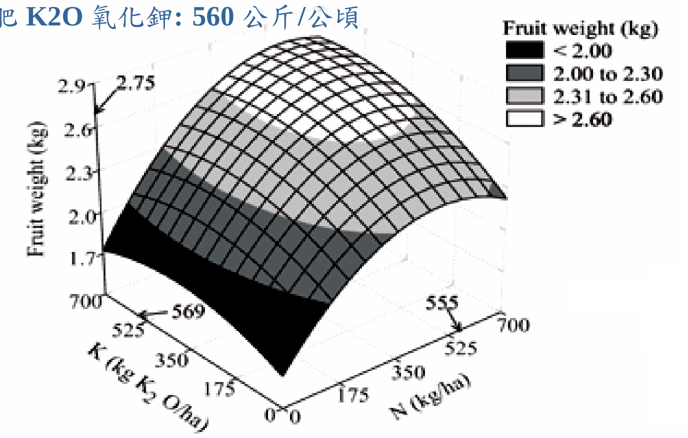
FIGURE 6 - Relationship between fruit yield and N and K concentrations in "D" leaves of 'Smooth Cayenne' pineapple plants.The marked values predict maximum fruit yield. Agudos (SP), 1997.

生產最高比率大果粒〈重 **2.6** 公斤〉之三要素施肥推薦量：

氮肥 **N: 550** 公斤/公頃

N and K 11 and 43 % higher than those for maximum yield respectively.

鉀肥 **K2O** 氧化鉀**: 560** 公斤/公頃

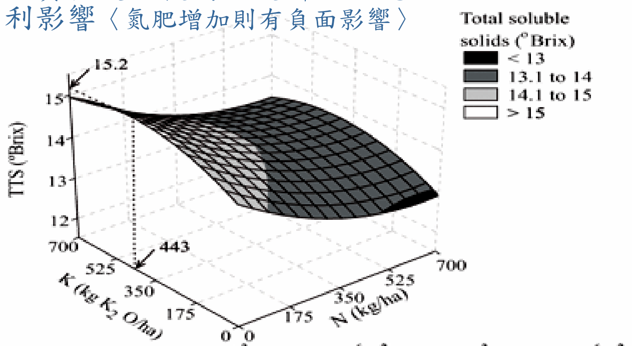


$Weight_{(kg)}$ =
1.63+3.01×10^{-3}N−3.09×$10^{-6}N^2$+1.01×10^{-3}K−1.25×$10^{-6}K^2$+7.45×10^{-7}N×K

R^2=0.87(p<0.001)

FIGURE 2 - Effect of N and K application on average fuit weight of 'Smooth Cayenne' pineapple. The marked values predict maximum fruit weight. Agudos (SP), 1997.

果實品質糖度之提高甚受鉀肥供應之有利影響〈氮肥增加則有負面影響〉

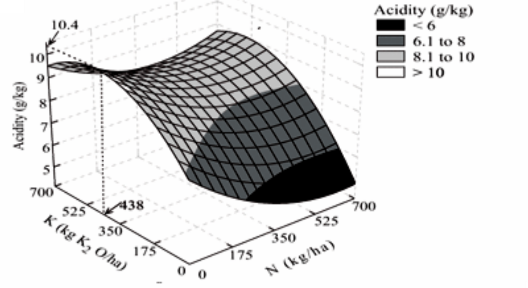


$TSS_{(°Brix)}=14.42-4.73\times10^{-3}N+3.77\times10^{-6}N^2+3.60\times10^{-3}K-4.07\times10^{-6}K^2$

$R^2=0.54$ ($p<0.001$)

FIGURE 3 - Effect of N and K application on total soluble solids (TSS) contents of 'Smooth Cayenne' pineapple. The marked value predicts maximum TSS. Agudos (SP), 1997.

果實品質酸量之累積甚受鉀肥供應之有利影響〈氮肥增加則有負面影響〉



$Acidity_{(g/kg)}=7.79-9.77\times10^{-3}N+7.83\times10^{-6}N^2+1.12\times10^{-2}K-1.38\times10^{-5}K^2+4.47\times10^{-6}N\times K$

$R^2 = 0.84$ ($p<0.001$)

FIGURE 4 - Effect of N and K application on total titrable acidity of 'Smooth Cayenne' pineapple .The marked value predicts maximum fruit acidity. Agudos (SP), 1997.

果實品質維生素 C 之提高甚受鉀肥供應之有利影響

$Vit.C_{(mg/kg)}=112.44+1.74\times10^{-1}K-1.41\times10^{-4}K^2$ $R^2=0.86$

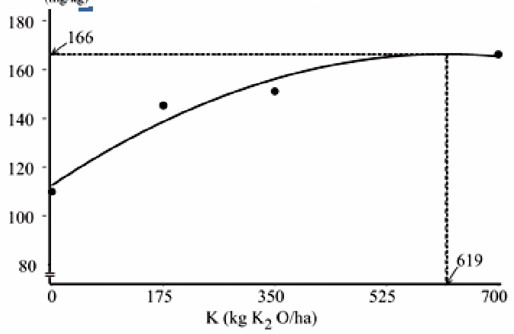


FIGURE 5 - Effect of K application on vitamin C contents of 'Smooth Cayenne' pineapple . The marked value predicts maximum Vit. C contents. Agudos (SP), 1997.

■低氮、高鉀肥

■高氮、低鉀肥

台農 1 號鳳梨果心斷裂，以石灰資材？？？、施用肥技術，顯著提 高果實品質。 左圖台農 1 號鳳梨在低氮、高鉀肥情況下果心斷裂比例低。 右圖台農 1 號鳳梨在高氮、低鉀肥情況下，葉片有缺鉀情形，並且 果心斷裂比例較高。(高雄場林永鴻)

鳳梨施肥推薦資訊----參考範例與實例

鳳梨氮磷鉀施肥推薦量之形成〈依據單位面積產量計算〉

鳳梨的產量

4500 株鳳梨/0.1 公頃

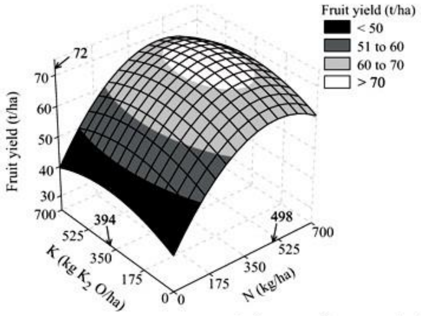
每顆鳳梨的重量？

1.6 公斤/顆 (C 大小)

產量 7.2 噸/0.1 公頃

收穫指數為 26%至 33%

總生質量約 21-28 噸/0.1 公頃



$Yield_{(t/ha)} = 37.05 + 1.14\times10^{-1}N - 1.15\times10^{-4}N^2 + 3.34\times10^{-2}K - 4.25\times10^{-5}K^2$

$R^2 = 0.81$ ($p<0.001$)

FIGURE 1 - Effect of N and K application on 'Smooth Cayenne' pineapple fruit yield. The marked values predict maximum fruit yield. Agudos (SP), 1997.

Nutrients in harvested part (lb/lb of fruit) at 86.5% moisture percentage

Nitrogen	Phosphorus	Potassium
0.0006	0.0001	0.0011

Nutrient Percentages of Dry Material for Pineapple

(Average across all sources in database.)

Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)
0.4622	0.0519	0.837

上網 crop nutrient tool ，餵入單位面積收量可搜取上述資料

0.1ha=0.2471acre 7200Kg= 15873 lb

鳳梨果實的三要素含量 data source?

鳳梨果實水分含量 86.5%

濕重下的氮含量 0.0006%

濕重下的磷含量 0.0001%

濕重下的鉀含量 0.0011%

乾重下的氮含量 0.46%

乾重下的磷含量 0. 05%

乾重下的鉀含量 0. 84%

肥料養分需求量總計???非施肥量

葉片分析含量 N 1.4% P 0.20% K 3.4%

1.4% *21 噸 *0.135 = 39.7 公斤葉片氮素

0. 46%*7.2 噸*0.135 = 4.5 公斤果實氮

總量為 44 公斤氮素/0.1 公頃

44*0.2/1.4*2.29 = 14.4 公斤磷酐

44*3.4/1.4*1.21 = 129.2 公斤氧化鉀

氮-磷酐-氧化鉀

440-144-1300 公斤／公頃

施肥量尚需 **440-144-1300** 公斤乘上肥料回收率，數量 可觀

肥料養分需求量總計 **440-144-1300** 公斤非施肥量，施肥量尚需乘上肥料回收率，數量可觀，參考下列國外文獻，肥料養分需求量相當接近，強調鉀肥需要量比氮肥更重要，尤其是香蕉，鳳梨與荔枝三種果樹之生產。

果實養分奪取量 Nutrient demand/uptake/removal (FAO)

Yield t/ha	Source	Uptake or removal	kg/ha N	P2O5	K2O	MgO	CaO
100	Cowie, 1951	uptake	123	34	308	-	-
81	Stewart et al, in Py, 1956	uptake	574	126	1 631	-	-
		removal	67	19	238	-	-
55	Martin-Prével, 1961	uptake	205	58	393	42	121
		removal	43	17	131	10	17

果實養分奪取量 Nutrient removed in fruit harvest (kg/ha) 〉(Mitra, 2001, personal communication)

Fruit crop	Fruit yield (tonnes/ha)	N	P_2O_5	K_2O
Mango	15.0	100	25	110
Banana	57.5	322	73	1180
Citrus	20.0	22	12	57
Pineapple	84.0	150？	45	530
Papaya	80.0	225	60	180
Grape	20.0	160	40	180
Litchi	10.0	220？	35	290

鳳梨施肥推薦資訊----參考範例與實例

1.鳳梨施肥推薦範例—農試所黃維廷民雄

基肥至催花前一般肥培管理

1.種植基肥〈打底〉：整地作畦條施，或曳引機整地作畦則全面撒施。

(1).每分地台肥複肥 4 號（11-5.5-22）約 4 包 160 公斤，

氮素不高大約 2%但纖維 fiber 及碳 carbon 較高或 C/N 較高之有機肥，例如某牌有機肥〈2.3-2.7-2.0〉或蔗渣類有機肥 20 包左右，大約 500 公斤。

或

每分地某牌 4 號有機複合肥料〈11-5.5-22〉6 包 240 公斤

(2).過磷酸鈣均 0.5-1 包。

2.生育期追肥-

〈**1**〉約種植 2-3 個月後，生育期自然降雨前後或灌溉後

每分地台肥複肥 1 號（20-5-10）2 包 80 公斤

全面撒施或翻開塑膠布側邊施（視生長狀況決定追肥補充次數）

〈**2**〉營養生長熟株後至催花前肥培管理 A.限制水分與氮肥---催花前後至複花始花前 B.加強鉀肥：硫酸鉀 20-30 公斤／分地〈施肥前後稍為給水〉

催花後生殖生長

1.電石或益收催花時補充硼，兩種方法：

土壤澆灌----每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 1 公斤至 1.5 公斤）溶解於 5000 公升水，澆灌鳳梨基幹部或塑膠布的孔洞。約 3-5 次。

葉面施肥---水硼 2000 倍或硼砂與硼酸 1000 倍，葉面噴施 5-7 天 1 次，約 3-5 次。

2.複花完花結小果前

每分地台肥複肥 4 號（11-5.5-22）2 包 80 公斤

全面撒施或翻開塑膠布側邊施

3..完花結小果後約 1 個月，硫酸鉀 20 公斤／分地〈施肥前後稍為給水〉

《4 號（11-5.5-22）40 公斤---視果實 size 可能省略》

三要素氮-磷酐-氧化鉀

每公頃 510-650—220-350—900-1100 公斤

農家施肥調查結果，如以下 2 至 7 的實例，農友普遍習慣重施氮肥，而不重視鉀肥對提高品質之作用。氮肥施用量過高，各時期宜可酌量減施。鉀肥宜加強施用以提高品質。

2. 鳳梨施肥參考實例---高樹鄉洪華進農友

11 月初種植後半個月內　1 分地 3600 株

a. 澆施殺菌劑與殺蟲藥一次。

b. 開根肥土壤澆施 台肥即溶 1 號（26-13-13）10 公斤/10 噸水/3000 株。

11 月底→12 月底 至少 3 次土壤澆施液肥〈視生長勢而定，可能 4 次〉。

台肥即溶 1 號（26-13-13）10 公斤/10 噸水/3000 株。

開春後 2 月中下旬基肥

葉腋基部施用 每分地有機複合肥料 1 號（11-11-11）2.5 包x25 公斤。

40 日左右後 3 月上旬追肥

台肥 43 號複合肥料（15-15-15）或台肥 1 號複合肥料（20-5-10）4 包x40 公斤。

4 月底→5 月初追肥

有機複合肥料 1 號（11-11-11）3 包x25 公斤。 果實發育期 正常生長勢之鳳梨田（前作為非鳳梨，土壤殘肥仍足夠），不再施肥。

生長勢不佳之鳳梨田（前作為鳳梨，土壤殘肥不足），7 月再追肥一次。

有機複合肥料 1 號（11-11-11）3 包x25 公斤。

三要素氮-磷酐-氧化鉀

每公頃 **520-680—290-540—370-540** 公斤

3. 鳳梨施肥參考實例---南投陳永受

南投 2014/6/16 陳永受

10 月中種植後

青雞糞(2.7-3.2-3.4)100 包*40 公斤/2.5 分地

即 1600 公斤/分地　　43.2-51.2-54.4

複合 43 號 8-9 包*40 公斤/2.5 分地

即 128 公斤/分地　　19.2-19.2-19.2

4 月中　硫酸鉀 K_2SO_4 6 包*40 公斤/2.5 分地

即 96 公斤/分地　　0-0-48

5 月 25 日電土催花

三要素氮-磷酐-氧化鉀 **N-- P2O5-- K2O**　**62.4—70.4—121.6** 公斤/分地 三要素氮-磷酐-氧化鉀 **N-- P2O5-- K2O**　**624—704—1216** 公斤/公頃 冬季為抑制花芽分化而繼續營養生長，乾燥給水，低溫給 N 肥白肥(26%N)。

4.鳳梨施肥參考實例---南投莊啟南

氮肥施用量過高，各時期宜可酌量減施。

1 區開英 3 號

12/14 種植基肥〈打底〉

田樂有機肥〈2.3-2.7-2.0〉40 包*25 公斤/分地　　23- 27- 20

1 追 2 月底 化肥 1 號〈20-5-10〉5 包*40 公斤/分地　40- 10- 20

2 追 6/11 尿素〈46-0-0〉4 包*40 公斤/分地　　74-0- 0　　***137- 37- 40***

2 區開英 17 號

12/14 種植基肥〈打底〉

田樂有機肥〈2.3-2.7-2.0〉40 包*25 公斤/分地　　23- 27- 20

1 追 2 月底 化肥 1 號〈20-5-10〉5 包*40 公斤/分地　40- 10- 20

2 追 6/11　化肥 1 號〈20-5-10〉5 包*40 公斤/分地　40- 10- 20　　***113- 47- 6***

催花後生殖生長

1.完花結小果

　每分地台肥複肥 4 號（11-5.5-22）2 包 80 公斤　　**8.8-4.4-17.6**

　全面撒施或翻開塑膠布側邊施

2.完花結小果後約 1 個月，硫酸鉀 20 公斤／分地〈施肥前後稍為給水〉

《不一定施 4 號（11-5.5-22）40 公斤---視果實 size 可能省略》　0-0-10

三要素氮-磷酐-氧化鉀

南投莊啟南　**1 區　1458-414-676**　公斤/公頃

　　　　　　2 區　1218-514-876

5.鳳梨施肥參考實例---關廟黃百練

氮肥施用量過高，宜可酌量減施。鉀肥宜加強施用以提高品質。

2013/10/21 關廟　　3500-4000 株/分地

黃百練　　　　　　收量 **3500*3** 台斤/株=**6300** 公斤/分地

10 月種植基肥

台肥 5 號 6-7 包*40 公斤/分地　　38.4-44.8- 19.2-22.4- 28.8-33.6

3-4 個月後約 2-3 月雨前追肥 硫銨 5-6 包*40 公斤/分地 ，氨基酸顆粒 42-50.4- 0-0

8-9 月電石或益收催花時土壤澆施補充硼每年每分地 3-5 公斤硼砂或硼酸分次（每次 1 公斤至 1.5 公斤）溶解於 5000 公升水，約 3-5 次。

完花後幼果期　葉面施肥即溶 43 號〈15-15-15-4〉 2-3 公斤/1 噸水/1.5 分地

約 1-1.5 個月後〈距離採收約 1.5-2 個月〉再一次葉面施肥即溶 43 號同上。

80.4-95.2- 19.2-22.4- 28.8-33.6

即三要素氮-磷酐-氧化鉀 **804-952--192-224--288-336** 公斤/公頃

6. 鳳梨施肥參考實例---關廟黃國清

氮肥施用量過高，宜可酌量減施。鉀肥宜加強施用以提高品質。

黃國清　　　　收量 **4000*3** 台斤/株=**7200** 公斤/分地

10 月底-11 月種植基肥

台肥 5 號 10 包*40 公斤/分地〈1 包 350 株〉　　64- 32- 48

雞糞〈3.0-3.1-1.3〉20 包*30 公斤/分地　　　　　18-18.6-7.8

9 月 20 日催花

1 個月後 10 月 20 日

完花後幼果期　葉面施肥即溶 6 號〈5-18-18-4〉 3 公斤/4 噸水/5 分地　20000 株

約 2 個月後　再一次葉面施肥即溶 6 號同上。82- 50.6-55.8

即三要素氮-磷酐-氧化鉀 **820--506--558** 公斤/公頃

7. 鳳梨施肥參考實例---關廟王再基

氮肥施用量過高，各時期宜減施。鉀肥宜加強施用以提高品質。

王再基　　收量 **4000*3** 台斤/株=**7200** 公斤/分地

10 月種植基肥

台肥 5 號 10 包*40 公斤/分地〈每公頃 100 包〉　　64- 32- 48 雞糞

〈3.0-3.1-1.3〉20 包*30 公斤/分地 〈每公頃 200 包〉18-18.6-7.8 半年

後 4 月追肥

硫銨 8 包*40 公斤/分地〈1 包 500 株〉　67.2-0-0

9 月 20 日催花

1 個月後 10 月 20 日

完花後幼果期　葉面施肥即溶 1 號〈26-13-13〉2-3 包 *10 公斤/1 公頃

約 2 個月後　再一次葉面施肥即溶 5 號〈10-20-20〉3000 倍。

149.2- 50.6-55.8

即三要素氮-磷酐-氧化鉀 **1492--506--558** 公斤/公頃

8.鳳梨施肥參考實例---新化康朝宗

新化 2015/03/13

康朝宗

12 月基肥

複合 1 號 10 包*40 公斤/分地　　80-20-40

下雨前 3-4 月追肥　　雙溝邊中耕鋤草覆蓋

尿素 6-8 包　　　110.4-0-0

催花益收

葉面肥　勇狀 226 (12-12-16)

1 噸水 1 公斤/5 分地　　　0.12-0.12-0.16

採收前 1 個月葉面肥 高磷鉀 1000 倍

三要素氮-磷酐-氧化鉀 **N-- P2O5-- K2O　190.5—20.1—40.2** 公斤/分地

三要素氮-磷酐-氧化鉀 **N-- P2O5-- K2O　1905—201—402** 公斤/公頃

其他國內外鳳梨施肥推薦資訊

1. 舊板施肥手冊

施肥手冊
鳳梨三要素推薦量（公斤／公頃）

	主作	宿根作
氮	550-650	250-300
磷酐	100-120	0
氧化鉀	300-600	100-150

鳳梨三要素推薦量 650-120-600 公斤／公頃

施肥時期與分配依據不同土壤質地而分別推薦，請參考 FAO 者

2. 農試所嘉義分所官青杉

施肥實例〈官青杉〉

- 基肥：複合肥料２號１８０公斤/分
- 追肥：

第一次；複合肥１號４０公斤＋硫酸鉀２０公斤／分
第二次；複合肥１號４０公斤＋硫酸鉀２０公斤／分
第三次；複合肥１號４０公斤＋硫酸鉀２０公斤／分

複合肥１號（２０：５：１０）
複合肥２號（１１：９：１８）

438-222-744 公斤／公頃

施肥分配〈官青杉〉

氮素　磷酐　氧化鉀　基肥：

- 30% 100%　50%
- 追肥：20%　－　20%　（植後翌年 4 月）

  20%　－　10%（植後翌年 7~8 月）

  20%　－　20%（開花後）　灌施：
- 定植後 1 個月灌藥時加入 1 %尿素，

  每株 100 c.c. ，以後每隔 3 個月一次

  連續三次

3. 高雄農業改良場

高雄場

基肥

每公頃施用 10 公噸左右的有機質肥料，配合整地耕耘，全面撒施混入土中

做畦，畦中開 30 公分深的溝，將化學肥料 (全年磷肥施量的全量、氮肥施量的 30%及鉀肥施量的 50%)施入溝 中，覆土將畦整平後覆蓋上塑膠布，即可種植

種植後每隔 1 個月

配合粉介殼虫與心腐病防治 --藥劑中加 1%的尿素，每公頃用量 40 公斤，連續灌注 3 次，可促進新根發生

高雄場

追肥分 3 次施用

秋植園 :翌年的三、四月間春雨後,六至七月間及催花後一個月

春植園:五至六月間春雨後,八至九月間及催花後一個月施用。

第一次追肥可在行邊開溝施肥後培土做畦，或在畦邊植株間掘穴施肥，施用全年氮肥的 30%及鉀肥的 25%

第二次追肥時，植株根部已伸長至畦旁，開溝或挖掘容易傷根，可翻開塑膠布施在植株基部土中，以減少肥料流 失，施用全年氮肥的 30%及鉀肥的 15%。

第三次追肥時，已進入旱季，且植株基部成熟葉片基部已長出不定根，可將肥料施在基部葉腋，施用全年氮肥的 10%及鉀肥的 10%。

4.聯合國農糧組織 FAO

FAO

Type of crop	Recommended rate of nutrients, kg/ha		
	N	P2O5	K2O
Plant crop (in 5-6 dressings)	500-650	0-180	300-600
Ratoon crop (in 3 dressings)	220-300	nil	100-200
Little potash is needed on soils with over 140 ppm exchangeable K.			

On medium-textured soils or where plastic mulch is used:			
Timing	**N**	**P2O5**	**K2O**
Plant crop			
Before planting (early autumn)	25 %	100 %	40 %
Early spring (at 6 months)	10 % (in solution with insecticide)		
Early summer (at 9 months)	20 %		30 %
Early autumn (at 12 months)	15 %		10 %
Late autumn (at 14 months)	10 %		
Early spring (at 18 months)	20 %		20 %
Ratoon crop			
Late summer (after hravest of plant crop)	40 %		60 %
Mid-autumn	20 %		
Early spring	40 %		40 %

On light soils without plastic mulching:			
Timing	**N**	**P2O5**	**K2O**
Plant crop			
Within 1 months of planting	15 %	33 %	20 %
Early spring (at 6 months)	20 %	33 %	20 %
Early summer (at 9 months)	20 %	33 %	30 %
Early autumn (at 12 months)	15 %		10 %
Late autumn (at 14 months)	10 %		
Early spring (at 18 months)	20 %		20 %
Ratoon crop			
Late summer (after harvest of plant crop)	40 %		60 %
Mid-autumn	20 %		
Early spring	40 %		40 %

Other nutrients

soil exchangeable **Mg** below 70 ppm, magnesium-containing fertilizer applied to 50 to 120 kg/ha MgO. optimum MgO : K2O ratio ---- 1.0:2.5.

Where **micronutrient** deficiency occurs:

For inter-fruitlet corking, 0.3 % **borax** spray, 2 or 3 times at later stage of grand growth.

For leaf yellowing due to iron deficiency, 2-3 % **ferrous sulphate** spray monthly (preferably mixed with urea).

For "crook-neck" and yellow leaf spots, one or two applications of 1 % **zinc sulphate** spray.

For "green die-back" **Bordeaux** mixture at a rate containing 7 to 11 kg/ha **copper sulphate**.

5.夏威夷鳳梨肥培管理

肥料管理四〈夏威夷〉

〈Dale O. Evans, Wallace G. Sanford, and Duane P. Bartholomew,2002 〉

三要素施肥推薦量

氮肥 N: 450 公斤/公頃〈400-500 公斤/公 頃〉

磷酐 P_2O_5： 75 公斤/公頃

鉀肥 K_2O 氧化鉀: 400 公斤/公頃

種植前整地已將全量磷肥磷酐 P_2O_5：75 公斤/公頃，其餘 鉀肥及氮肥則以葉面施肥分施

肥料管理 四〈夏威夷〉

每作 20 個月

1.preplant application (month 0), when Level I is incorporated into the soil.
2.additional 50 kg/ha N as urea applied at forcing when ethephon used

夏威夷鳳梨葉面施肥:每公頃噴施水量 2500 公升/公頃，栽植 58710 株/公頃

噴施時期月份〈種植後〉	0-3	4-8	9-10	11-12	
噴施頻率次數	4	5	2	2	
肥料種類	每次葉面施肥溶解施用肥料量〈公斤/公頃〉				累計 公斤/公頃/年
尿素	48	72	98	120	958
硫酸鉀	44	66	89	111	906
硫酸亞鐵 7	硫酸	10	14	17	140 有需要嗎？
鋅 2 硫酸鎂		3	4	5	41 有需要嗎？
49		27	39	48	385 有需要嗎？

6.印度鳳梨肥培管理

肥料管理 五〈印度〉

三要素施肥推薦量					
地區	栽植密度 株/公頃	氮肥 N	磷酐 P2O5	氧化鉀 K2O	有機堆肥 噸/公頃
		公斤/公頃(公克/株)			
Assam	44 000	530 (12)	90 (2)	530 (12)	15
Karnataka	55555(0.6 x 0.3 m)	350	130	440	30
Kerala	40 000	320	160	320	25
Tamil Nadu*	(0.6 x 0.3 m)	500	40	660	40-50
West bengal	40 000	400 (10)	200 (5)	400 (10)	20

* ZnSO4 and FeSO4 spary where required
Source : Tandon, 1987

其中 Assam 省，有機堆肥，全量磷肥與鉀肥及 半量氮肥於基肥時係行施施進土壤其餘半量氮肥則以葉面施肥分施 6 次 (450 公克 尿素溶解於 10 公升水).其他省地區鉀肥及氮肥平均分成兩次施用。。

6. **West Benga**

肥料管理 六〈**West Benga**〉

(Mitra, 2001, personal communication)

三要素施肥推薦量

	施用肥料量	氮肥 N	磷酐 P_2O_5	氧化鉀 K_2O	Source
鳳梨 (Kew)	公斤/公頃	600	400？	600	Mitra & Sheet (1995) Pineapple News, USA. p2

肥料分施 4 次，種植後 3，6，9，11 個月

7. 澳洲 Queensland Australia

肥料管理 七 澳洲 Queensland Australia

主作與宿根作皆相同:

施肥時期	施用肥料量 公斤/公頃		
	氮肥 **N**	磷酐 **P2O5**	氧化鉀 **K2O**
種植前基肥	-	50	450
種植後每隔 2 個月施肥	15-25 (以 10% 尿素葉面施肥)		
* 幼株 15 kg/ha N 長至成株則 25 kg/ha N			

缺鐵之葉片黃化， 3 %硫酸亞鐵與尿素葉面施肥 補充.
如有"crook-neck"彎曲變形果基肥需施用硫酸鋅與硫酸銅各 30 公斤/公頃

結　　語

依據農家訪查與土壤與葉片營養診斷，於嘉義民雄實施土壤健康管理肥培試驗之結果，每公頃收量 62-65 公噸，其三要素施肥量為：氮-磷酐-氧化鉀 每公頃 600-700—250-350—1000-1150 公斤。與施肥手冊未載明收量之鳳梨三要素推薦量比較，氮-磷酐-氧化鉀 650—120—600 公斤/公頃，兩者氮肥施用量接近，而磷鉀肥則呈現兩倍數以上之差距。與國外 FAO 等文獻所載比較，例如 FAO 650—180—600 公斤/公頃，Stewart et al, 每公頃收量 81 公噸，其鳳梨果實養分吸收量為：氮-磷酐-氧化鉀 574—126—1631 公斤/公頃。Mitra, 2001 每公頃收量 84 公噸，其果實養分奪取量為：氮-磷酐-氧化鉀 每公頃 150—45—530 公斤。土壤健康管理施肥之氮鉀比率與推薦量尚為合理而不離譜，均特別強調氮鉀比與重施鉀肥。

農家施肥調查結果，農友普遍習慣重施氮肥，而不重視鉀肥對提高品質之作用。氮肥施用量過高，各時期宜可酌量減施。鉀肥宜加強施用以提高品質。

茶樹氮肥施用推薦用量之研究

Study of the appropriate rate of tea tree nitrogen fertiliser application

蘇彥碩[1*]、劉千如[1]、邱喬嵩[1]、黃惟揚[1]、高翊超[3]、蔡憲宗[1]、蕭建興[2]

[1]行政院農委會茶業改良場

[2]行政院農委會茶業改良場文山分場

[3]亞洲大學生物與醫學資訊學系

*E-mail: tres561@ttes.gov.tw

摘　要

茶樹為高需氮作物，氮肥的施用影響了茶樹的產量及風味，為探討高山茶區的氮肥施用量，在南投縣仁愛鄉進行試驗，茶園海拔為 1400 公尺，由農友的慣行施氮量調整，分別施用 1200、800、400 公斤/每年/公頃的施氮量，全年施用比例依各季茶葉產量調整。結果顯示，施用 2/3 氮量並不影響茶芽之農藝性狀及產量，也不影響茶葉中的各種養分含量，但施用 1/3 施用氮量對高海拔地區茶園來說，茶葉中的氮含量及葉綠素讀值均已微微下降。茶葉中的茶胺酸隨施氮量增加而增加，達顯著差異。而兒茶素中的 Epigallocatechin gallate 和總兒茶素含量，則以 2/3 氮肥施用量的處理為最高，但這又與茶葉感官品評的結果較不一樣，通常茶胺酸含量高，表現在茶葉中的是甘甜滋味的增加，但在春季的試驗中，茶葉外觀的得分，隨著氮肥施用量的增加而減少，香氣及滋味亦有相同的趨勢，總分也是隨著氮肥施用量的增加而減少。較為特殊的是，僅施用磷鉀肥，不施氮肥的處理，無論是外觀、香氣及滋味均高於試驗組。夏季試驗感官品評各項目的得分在各處理之間的差異較小，但仍與春季試驗有相同的趨勢，在施氮量越高的處理，得分略低於對照組。綜合以上結果，初步推估高海拔的茶園施用氮量應在 800 公斤/公頃/年左右較為合適，未來將進行高量氮肥對環境的影響，再行修正。

關鍵詞：茶樹、氮肥、施用推薦用量。

前　　言

茶樹 (*Camellia sinensis* (L.)O. Kuntze) 在植物學上的分類，屬顯花植物門，雙子葉植物綱、離瓣花目、山茶科 (*Theaceae*) 山茶屬 (*Camellia*)，多年生常綠喬木或灌木型的植物，茶葉在中國有數千年的歷史，與咖啡和可可並列世界三大飲料作物。茶樹為多年生的常綠作物，以採摘其嫩芽葉為主，在台灣種植面積大約是 11,000 公頃，產量約為 12,000 公噸(2014，農糧署)。茶樹與一般作物不同，適合生長於酸性土壤中，最適生長的土壤 pH 值為 4.0-5.5 之間。茶樹栽培分佈甚廣，臺灣僅台南無栽培記錄，從海拔最低的馬祖南竿(50m)到海拔最高的大禹嶺(2500m)均有栽種。茶樹採摘其葉芽作為加工原料，因為是飲料作物，成品茶乾對其品質的要求與其他作物不同，講求其香氣與滋味，故氮肥的施用量及施用肥料的種類相當重要，又因著茶樹的品種、栽培環境及海拔等因素，茶樹的生長勢及產量也大大不同，在氮肥施用量上則需要因品種及當地的條件做相關的調整。因為茶樹種植於酸性土壤，氮肥利用率普遍偏低，在 99-103 年的合理化施肥示範點調查顯示，各茶區的氮肥利用效率大約是在 6-30%左右。一般在茶價較高和海拔較高的地區，其施用量相對高出很多，施肥手冊的推薦用量為 480 公斤/公頃/年，而高海拔地區的氮肥施用量可達 1600 公斤/公頃/年。故建立高低海拔的氮肥施用推薦用量，減少過量肥料的施用及造成環境的負擔，是目前茶樹肥培管理較為迫切的目標。

材料與方法

1. 試驗地點：南投縣仁愛鄉。
2. 試驗品種：青心烏龍(樹齡 29 年)。
3. 試驗處理：

依不同氮量施用 1200(全施用氮量)、800(2/3 施用氮量)、400(1/3 施用氮量)及 0(對照組)公斤/公頃/年，磷酐及氧化鉀以 50 公斤/公頃/年及 200 公斤/公頃/年施用，採逢機完全區集設計（RCBD）。每處理 40 株茶樹以上，試驗組及對照組進行 3 重複試驗，氮、磷酐及氧化鉀比例以尿素、過磷酸鈣、硫酸鉀調配。

4. 試驗調查、品質分析與肥力分析：

(1)茶菁性狀調查：於春及冬兩季調查試驗區茶芽農藝性狀，調查方式每小區逢機採摘調查 10 標準芽之第二葉長、第二葉寬、第二葉厚、第二節間長等性狀。

(2)產量調查：於各季調查試驗區百芽重、茶芽密度及茶菁重量。百芽重為每小區逢機採摘 100 標準芽，並調查其重量；茶芽密度為每小區逢機調查三

次 30*30 cm2 鐵框內所有可採摘芽數；茶菁重量為每小區所有採摘芽葉重量。

(3)茶葉品質分析：將試驗區採收之茶菁製作烏龍茶，並依茶業改良場感官 品評方式進行茶葉之外觀（20％）、水色（20％）、香氣（30％）及滋味（30％）之品質評鑑。

(4)土壤肥力分析：於施肥前及採收後分別取試驗組及對照組之土樣，土樣分成表土及底土，並分析土壤酸鹼值及有效性氮、磷、鉀、鈣、鎂等含量。

(a)土壤酸鹼值分析：秤 20 克風乾土壤(需過 2 mm 篩)於 50 ml 玻璃燒杯中加 20 ml 二次水，以玻璃棒充分攪拌，放置一小時，間斷予以攪拌 2 次，插入電極前再予充分攪拌，即可用 pH 計測定其 pH 值。

(b)土壤有機質含量分析：將乾淨的坩堝秤重,紀錄重量，秤取 10 克土壤（需過 2 mm 篩）至坩堝中,紀錄，放置灰化爐中以 105℃加熱 6 小時，冷卻後秤重紀錄之，再以 375℃加熱隔夜（約 16 小時），待冷卻後秤重，計算有機質含量。

(c)有效磷含量（Bray-1 磷）：取 2 克風乾土壤（需過 2 mm 篩），置於 100 ml 塑膠瓶中，加入 20 ml 氟化銨溶液，震盪 5 分鐘後過濾（Whatman No.42）並收集濾液，取 1 ml 樣品液（土壤濾液）於 2 5ml 定量瓶中（酌量使磷含量於 1~40 µg 間），加入 4ml 維他命 C 混合液，加蒸餾水定量至 25 ml，靜置 30 分鐘以顯色，再以分光光度計在 882 mµ 波長測之，並由標準曲線讀取其濃度。

(e)交換性陽離子（鉀、鈣、鎂）：取 5 克風乾土壤（需過 2 mm 篩），置於 100 ml 塑膠瓶中，加入 50 ml 醋酸銨溶液（1M），震盪 30 分鐘後過濾（Whatman No.42）並收集濾液，原液稀釋 10 倍，取約 10 ml 過濾（PVDF），再以 ICP-OES 測之。

(5)植體無機成分分析：於採收後分別取試驗組及對照組之茶葉樣品，秤 0.4 克樣品置於分解管中，再加入 10 mL 濃硫酸混合均勻，靜置過夜，當消化完全後，將分解管中消化液移入 50 mL 定量瓶中，並定量之，再利用 ICP-OES 分析茶樣中之磷、鉀、鈣、鎂等元素含量。

5.製茶品質分析：

(1)官能品評分析：茶葉感官品評均由長期擔任臺灣各茶區比賽茶或分級包裝評審擔任，三員均有一定資歷及專業度。另茶葉感官品評時，試驗處理均以密碼編排，可避免人為主觀因素干擾。

(2)化學成分分析：茶胺酸、咖啡因及個別兒茶素含量分析係根據 Li 等人(2008)之方法修改而得。秤取 0.5 克冷凍乾燥之茶粉，加入 10 mL 純水，於 80℃水浴槽中加熱萃取 30 分鐘，待溶液冷卻至室溫後，定量至 100 mL，最後以 0.45 nm PVDF 濾膜過濾後，以高效液相層析儀分析。高效液相層析儀分析條件如下：高效液相層析儀(1200 series, Agilent, USA)；管柱為 Discovery RP-Amide C16 column （Supelco, USA）大小為 4.6 mm

x 150 mm x 5 µm；動相 A：ortho-phosphoric acid (85%)與純水 (0.05:99.95, V:V)，動相 B：乙腈(acetonitrile, ACN)。樣品注入體積為 20 µL ，流速為 0.8 mL / min，測定波長為 210 nm。

6.統計分析：各項試驗分析之數據，用 SPSS 統計軟體進行統計分析。

結果與討論

1.茶園土壤基本性質

茶園位於南投縣仁愛鄉，質地中等屬壤土，表層 40 公分以下多石礫及碎石，排水性良好，海拔 1400 公尺，茶園土壤因長年過量施肥，pH 值在 2.8-3.2 之間，屬強酸性土壤。有機質含量因位處高海拔地區，又茶樹修枝時均將枝條留於原地，有機質含量相當高，有效磷含量相當高，在 1227-1500mg/kg 之間，其他有效性元素亦高出標準許多。在施肥時，磷酐設定在 50 公斤/公頃/年，氧化鉀 200 公斤/公頃/年。

表 1、試驗區茶園土壤性質（2015 年春季）

試驗組別		pH (1:1)	O.M. (g kg^{-1})	Bray-1 P (mg kg^{-1})	Extratable-K (mg kg^{-1})	Extratable-Ca (mg kg^{-1})	Extratable-Mg (mg kg^{-1})
全施用氮量							
	表土	3.1±0.1	370.1±103.6	1304.3± 231.7	445.2 ± 45.3	757.0 ± 95.12	198.5±40.9
	底土	2.8±0.1	130.9± 14.2	1392.4± 64.2	351.1 ± 79.1	297.5± 122.0	94.8± 28.2
2/3 施用氮量							
	表土	3.1±0.1	361.1± 90.9	1227.7± 66.6	452.2 ± 77.8	910.0 ± 321.5	251.7± 80.2
	底土	3.0±0.1	132.0 ± 22.5	1475.7±67.6	343.5± 29.9	313.7± 58.5	93.6± 20.2
1/3 施用氮量							
	表土	3.2±0.2	381.2± 124.3	1398.6± 153.2	457.4±52.1	1076.2±359.7	237.3± 71.7
	底土	3.0±0.1	143.4 ± 35.8	1432.1± 83.5	357.5± 57.9	262.5± 12.2	86.2± 10.5
對照組							
	表土	3.0±0.1	368.2 ± 83.0	1500.9± 126.4	533.1±80.2	1154.9±477.9	300.8± 97.8
	底土	2.8±0.3	121.3± 10.6	1399.1±203.7	351.3±31.8	292.3±98.7	91.1± 29.4

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation）。

2.不同氮肥施用量處理茶菁性狀及產量調查

在 2015 年 3 月上旬依不同氮量施用肥料，於 4 月下旬採收(春茶)。第二季在 4 月下旬施肥，6 月上旬採收(夏季)量測各處理間茶芽之農藝性狀、產量及葉綠素讀值，評估不同氮肥施用量對茶葉農藝性狀的影響。結果顯示，春季茶芽之農藝性狀，各處理間無顯著差異，僅葉長及葉綠素有隨施用氮量有增加的趨勢，夏季

茶芽之農藝性狀較有顯著的趨勢，施用全量氮量及 2/3 氮量的處理，其茶芽密度及葉綠素讀值顯著高於施用 1/3 氮量及不施氮肥的處理，但產量及百芽重則沒有顯著差異，表示施用 2/3 氮量並不影響茶芽之農藝性狀及產量。

表 1、不同氮肥施用量處理對茶樹生育之影響（2015 年春季）

試驗組別	葉長 (mm)	葉寬 (mm)	節間長 (mm)	葉厚 (mm)	茶芽密度	百芽重 (g)	單位面積小區重 (g/m^2)	葉綠素讀值
全施用氮量	50.2±1.4^a	16.2±1.1^a	15.4±1.3^a	0.34±0.02^a	87.4±2.4^a	49.3±1.5^a	471.6±53.2^a	66.4±1.3^a
2/3 施用氮量	51.1±1.8^a	16.4±0.6^a	15.3±1.2^a	0.33±0.01^a	85.2±1.4^a	47.3±1.5^a	483.1±86.5^a	63.7±4.4^a
1/3 施用氮量	49.3±1.0^a	16.6±1.2^a	16.7±1.1^a	0.33±0.01^a	90.4±2.9^a	50.3±2.9^a	469.2±32.3^a	65.0±0.6^a
對照組	49.6±1.0^a	16.1±0.3^a	16.2±1.6^a	0.32±0.02^a	86.8±1.6^b	46.3±0.6^a	455.7±62.1^a	63.7±1.7^a

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

表 2、不同氮肥施用量處理對茶樹生育之影響（2015 年夏季）

試驗組別	葉長 (mm)	葉寬 (mm)	節間長 (mm)	葉厚 (mm)	茶芽密度	百芽重 (g)	單位面積小區重 (g/m^2)	葉綠素讀值
全施用氮量	56.5±2.2^a	21.4±1.4^a	20.5±1.2^a	0.32±0.01^a	73.2±3.3^a	56.9±2.0^a	362.4±43.1^a	56.2±1.5^a
2/3 施用氮量	54.6±4.0^a	20.3±1.3^a	20.9±1.9^a	0.32±0.01^a	77.6±2.1^a	57.2±1.8^a	357.9±54.3^a	56.7±2.3^a
1/3 施用氮量	57.3±0.8^a	21.9±0.5^a	23.1±0.7^a	0.31±0.02^a	72.8±1.0^b	55.7±2.2^a	368.1±34.8^a	52.3±3.1^a
對照組	55.0±1.2^a	21.1±0.5^a	21.7±0.5^a	0.31±0.01^a	70.2±0.8^b	54.5±1.9^a	334.2±22.4^b	51.2±3.5^b

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

3.不同氮肥施用量處理茶菁營養元素含量分析

春季茶乾中含氮量以施用 1/3 施用氮量處理最高，其他處理則無顯著差異，茶乾含磷量則與含氮量有相同趨勢，茶乾中鉀、鈣及鎂含量各處理間無顯著差異，較特別的是 1/3 施用氮量處理及不施氮處理茶乾中鐵含量及鋁含量均小於施用全氮量及 2/3 施用氮量。夏季試驗結果，茶葉中氮含量隨施用氮量減少而減少，鎂含量亦有相同趨勢。鉀含量則隨施氮量增加而減少，，鐵鋁含量則與春季試驗時有相同趨勢，1/3 施用氮量處理及不施氮處理茶乾中鐵含量及鋁含量均小於施用全氮量及 2/3 施用氮量。

表 3、不同氮肥施用量處理對茶葉營養元素含量的影響（2015 年春季）

試驗組別	Total									
	N (g kg^{-1})	P (g kg^{-1})	K (g kg^{-1})	Ca (g kg^{-1})	Mg (g kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})	Al (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})
全施用氮量	5.5±0.1^{b}	4.4±0.1^{b}	13.2±0.7^{a}	2.0±0.1^{a}	2.1±0.1^{a}	62.3±7.7^{a}	245.7±28.2^{a}	6.2±1.1^{a}	179.3± 8.4^{a}	16.9±0.7^{a}
2/3 施用氮量	5.5±0.1^{b}	4.5±0.1^{b}	12.6±0.5^{a}	1.9±0.1^{a}	2.0±0.0^{a}	67.8±20.5^{a}	217.3±26.6^{a}	6.8±0.5^{a}	173.5±12.6^{a}	17.4±0.6^{a}
1/3 施用氮量	5.8±0.1^{a}	4.8±0.2^{a}	13.3±0.4^{a}	2.1±0.1^{a}	2.1±0.0^{a}	48.1±26.9^{b}	212.4± 9.2^{a}	5.6±0.7^{b}	154.9±16.3^{b}	17.8±0.7^{a}
對照組	5.5±0.1^{b}	4.6±0.2^{b}	13.0±0.4^{a}	2.0±0.2^{a}	2.0±0.0^{a}	47.4±28.8^{b}	238.4±16.7^{a}	6.5±0.9^{a}	143.8±18.4^{b}	16.9±0.9^{a}

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

表 4、不同氮肥施用量處理對茶葉營養元素含量的影響（2015 年夏季）

試驗組別	Total									
	N (g kg^{-1})	P (g kg^{-1})	K (g kg^{-1})	Ca (g kg^{-1})	Mg (g kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})	Al (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})
全施用氮量	5.4±0.1^{a}	4.2±0.2^{b}	15.1±0.4^{b}	2.1±0.1^{a}	2.6±0.1^{a}	74.2± 24.3^{a}	214.6±15.9 a	7.0±0.5^{a}	145.2± 5.7^{a}	13.2±0.5^{a}
2/3 施用氮量	5.3±0.1^{b}	4.9±0.1^{a}	15.4±0.2^{b}	2.0±0.1^{a}	2.4±0.1^{b}	64.2±12.9^{a}	201.2± 8.9^{a}	6.7±0.3^{a}	134.9±4.2^{a}	13.6±0.2^{a}
1/3 施用氮量	5.2±0.1^{b}	4.2±0.1^{b}	16.7±0.8^{a}	2.4±0.1^{a}	2.4±0.2^{b}	54.9±11.2^{b}	198.8± 11.7^{a}	7.2±0.5^{b}	133.8±9.9^{a}	13.8±0.3^{a}
對照組	5.0±0.1^{c}	4.1±0.2^{b}	16.2±0.8^{a}	2.0±0.1^{a}	2.2±0.1^{b}	55.9± 9.3^{b}	194.2± 3.7^{a}	6.8±0.7^{a}	142.1±9.2^{a}	13.1±0.6^{a}

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

4.不同氮肥施用量處理茶葉化學成分含量分析 茶葉中的茶胺酸、咖啡因和兒茶素是較為重要的成分指標，茶胺酸代表了茶葉中的甘味，咖啡因則代表了苦味和刺激神經的成分，兒茶素則代表了茶葉中的機能性成分及澀味來源，所以分析茶葉中的化學成分，可以約略代表了茶葉的品質。在春季試驗中，各處理間的茶葉化學成分無顯著差異，夏季試驗中，茶葉中的茶胺酸隨施氮量增加而增加，達顯著差異。而兒茶素中的 Epigallocatechin gallate 和總兒茶素含量，則以 2/3 氮肥施用量的處理為最高。

表 4、不同氮肥施用量處理對茶葉化學成分含量的影響（2015 年春季）

試驗組別	茶胺酸 (mg/g)	咖啡因 (mg/g)	Epigallocatechin (mg/g)	Epigallocatechin gallate (mg/g)	總兒茶素 (mg/g)
全施用氮量	25.3±2.1^{a}	25.1±0.6^{a}	30.4±1.4^{a}	39.2±1.2^{a}	99.5±0.9^{a}
2/3 施用氮量	24.5±1.6^{a}	24.5±0.2^{a}	31.9±0.6^{a}	39.9±1.3^{a}	96.4±2.2^{a}
1/3 施用氮量	25.9±1.1^{a}	23.1±0.9^{a}	30.3±0.6^{a}	40.1±0.4^{a}	99.3±1.3^{a}
對照組	25.8±1.4^{a}	24.2±1.0^{a}	29.8±1.8^{a}	38.8±0.8^{a}	96.4±1.4^{a}

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

表 5、不同氮肥施用量處理對茶葉化學成分含量的影響（2015 年夏季）

試驗組別	茶胺酸 (mg/g)	咖啡因 (mg/g)	Epigallocatechin (mg/g)	Epigallocatechin gallate (mg/g)	總兒茶素 (mg/g)
全施用氮量	19.9±1.3[a]	27.7±0.5[a]	36.2±0.5[a]	34.3±1.0[b]	97.7± 1.6[b]
2/3 施用氮量	19.1±1.1[a]	30.2±0.7[a]	38.6±1.7[a]	36.0±0.9[a]	104.5±1.4[a]
1/3 施用氮量	18.9±1.0[a]	28.4±2.4[a]	35.6±1.6[a]	33.5±2.0[b]	95.7± 3.3[b]
對照組	18.7±0.5[a]	27.9±3.0[a]	37.3±1.1[a]	33.8±2.3[b]	99.1± 3.6[b]

註：平均值 ± 標準誤差（standard error），數值後英文字母為 5% 顯著水準之變方分析結果。

5.不同氮肥施用量處理茶葉感官品評 茶樹是一種很特殊的作物，收穫茶菁後，必須經過繁瑣的製造過程製成茶乾，

茶乾又要經過熱水沖泡飲用，講求的是茶湯的色香味，所以必須進行感官品評，以評鑑的方式來判斷茶葉的好壞。在春季的試驗中，茶葉外觀的得分，隨著氮肥施用量的增加而減少，香氣及滋味亦有相同的趨勢，總分也是隨著氮肥施用量的增加而減少。較為特殊的是，僅施用磷鉀肥，不施氮肥的處理，無論是外觀、香氣及滋味均高於試驗組。夏季試驗感官品評各項目的得分在各處理之間的差異較小，但仍與春季試驗有相同的趨勢，在施氮量越高的處理，得分略低於對照組。

表 6、不同氮肥施用量處理茶葉感官品評結果（2015 年春季）

試驗組別	外觀(20%)	水色(20%)	香氣(30%)	滋味(30%)	總分
全施用氮量	11.8±0.7[b]	13.8±1.3[a]	21.6±0.3[a]	22.0±0.1[b]	69.4±1.5[b]
2/3 施用氮量	12.0±1.3[a]	14.0±1.2[a]	22.6±1.7[a]	22.2±1.0[a]	70.9±3.5[a]
1/3 施用氮量	12.8±1.5[a]	13.6±1.2[a]	22.5±1.0[a]	23.1±0.4[a]	72.2±1.8[a]
對照組	13.8±1.8[a]	14.3±0.8[a]	23.3±1.2[a]	23.5±0.4[a]	75.1±1.5[a]

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），本分數由三位茶業改良場評茶人員共同評分。

表 6、不同氮肥施用量處理茶葉感官品評結果（2015 年夏季）

試驗組別	外觀(20%)	水色(20%)	香氣(30%)	滋味(30%)	總分
全施用氮量	12.4±0.6[a]	15.6±0.6[a]	22.9±1.0[a]	24.5±0.8[a]	75.5±2.8[a]
2/3 施用氮量	12.4±0.5[a]	16.5±0.1[a]	22.6±0.6[a]	23.3±0.6[a]	75.0±1.2[a]
1/3 施用氮量	12.8±0.7[a]	16.0±0.0[a]	23.6±1.0[a]	23.6±0.3[a]	76.1±1.0[a]
對照組	12.1±0.3[a]	18.0±0.0[a]	23.7±1.5[a]	24.0±1.0[a]	77.8±1.7[a]

註：平均值 ± 標準偏差（standard deviation），本分數由三位茶業改良場評茶人員共同評分。

結　　論

茶樹為高需氮作物，氮肥的施用影響了茶樹的產量及風味，但由於茶葉的經濟效應相當高，在高海拔地區茶樹生長勢較低海拔地區好，產量高且施肥成本約佔生產成本 10%以下，所以肥料的施用量超出施肥推薦用量相當多，超量的施肥量也造成了土壤酸化及磷的過量累積，在近年的土壤檢測服務中，茶園土壤 pH 低於 4.0 及磷肥過量累積的茶園相當常見。磷酐的施用量依 103 年的試驗結果，已由 100 公斤/公頃/年，調整為 50 公斤/公頃/年，不影響茶樹的生長及產量，且有提升茶葉香氣的效果。因此為探討高山茶區的氮肥施用量，我們在南投縣仁愛鄉進行試驗，茶園海拔為 1400 公尺，由農友的慣行施氮量調整，分別施用 1200、800、400 公斤/每年/公頃的施氮量，全年施用比例依各季茶葉產量調整，磷酐及氧化鉀則固定以 50 公斤/公頃/年及 200 公斤/公頃/年施用。結果顯示，春季茶芽之農藝性狀，各處理間無顯著差異，僅葉長及葉綠素有隨施用氮量有增加的趨勢，夏季茶芽之農藝性狀較有顯著的趨勢，施用全量氮量(1200 公斤/公頃/年)及 2/3 氮量的處理(800 公斤/公頃/年)，其茶芽密度及葉綠素讀值顯著高於施用 1/3 氮量(400 公斤/公頃/年)及不施氮肥的處理，但產量及百芽重則沒有顯著差異，表示施用 2/3 氮量並不影響茶芽之農藝性狀及產量。春季茶乾中含氮量以施用 1/3 施用氮量處理最高，其他處理則無顯著差異，茶乾含磷量則與含氮量有相同趨勢，茶乾中鉀、鈣及鎂含量各處理間無顯著差異，較特別的是 1/3 施用氮量處理及不施氮處理茶乾中鐵含量及鋁含量均小於施用全氮量及 2/3 施用氮量。夏季試驗結果，茶葉中氮含量隨施用氮量減少而減少，鎂含量亦有相同趨勢。鉀含量則隨施氮量增加而減少，鐵鋁含量則與春季試驗時有相同趨勢，1/3 施用氮量處理及不施氮處理茶乾中鐵含量及鋁含量均小於施用全氮量及 2/3 施用氮量，表示施用 2/3 的氮量，並不影響茶葉中的養分含量，但施用 1/3 施用氮量對高海拔地區茶園來說，茶葉中的氮含量及葉綠素讀值均已微微下降，因為進行兩季的試驗，在高海拔地區土壤有機質含量相當高的情況下，這些差異目前還不顯著，待後續試驗觀察。在春季試驗中，各處理間的茶葉化學成分無顯著差異，夏季試驗中，茶葉中的茶胺酸隨施氮量增加而增加，達顯著差異。而兒茶素中的 Epigallocatechin gallate 和總兒茶素含量，則以 2/3 氮肥施用量的處理為最高，但這又與茶葉感官品評的結果較不一樣，通常茶胺酸含量高，表現在茶葉中的是甘甜滋味的增加，但在春季的試驗中，茶葉外觀的得分，隨著氮肥施用量的增加而減少，香氣及滋味亦有相同的趨勢，總分也是隨著氮肥施用量的增加而減少。較為特殊的是，僅施用磷鉀肥，不施氮肥的處理，無論是外觀、香氣及滋味均高於試驗組。夏季試驗感官品評各項目的得分在各處理之間的差異較小，但仍與春季試驗有相同的趨勢，在施氮量越高的處理，得分略低於對照組。綜合以上結果，初步推估高海拔的茶園施用氮量應在 800 公斤/公頃/年左右較為合適，未來將進行高量氮肥對環境的影響，再行修正。

參考文獻

1.方興漢。1987。pH 值對茶樹生理活動的影響。茶葉科學。7(1):15-22。

2.王曉萍。吳洵。1991。炒青綠茶的生化組分和微量元素綜合評級。茶葉科學。11(1):45-49。

3.伍炳華、韓文炎、姚國坤。1991。茶樹氮磷鉀營養的品種間差異。茶葉科學。11(2):117-120。

4.朱永新。1984。多元回歸分析在茶葉品質化 JJJ 學鑑定中的應用。中國茶葉。(4):30-31。

5.朱俊慶。1986。小綠葉蟬發生趨勢預測。茶葉科學。6(2):41-46。

6.汪東風、曹流儉、王常紅。1985。茶樹新梢生長-休止機理的探討。茶葉科學。5(2):55-58。

7.林心炯、郭專、姚信恩、周慶惠。1991。烏龍茶鮮葉原料成熟度的生物生化特徵。茶葉科學。11(1):85-86。

8.肖偉祥、吳雪原等。1989。茶葉中葉綠素及其在製茶過程中的變化。中國茶葉。(1):8-10。

9.吳洵、茹國敏。1986。茶樹對氮肥的吸收和利用。茶葉科學。6(2):15-24。

10.吳洵。1989。用 15N 研究茶樹氮素營養的結果及進展。國外農學-茶葉。(1):1-7。

11.馬惠群、阮宇成。1987。鋅與茶樹生長代謝的關係與田間噴鋅試驗。7(1):35-40。

12.程啟坤、阮宇成、王月根、劉維華、朱珩。1985。綠茶滋味化學鑑定法。茶葉科學。5(1):7-17。

13.程良斌、梅紫青、黃隆富。1991。紫陽茶含硒量的調查研究。茶葉科學。11(1):63-66。

14.孫耀進、黃雨初。1985。紅茶萎凋、發酵中的糖酵解、三縮酸循環及其揮發性成分的形成。茶葉科學。5(2):39-48。

15.黃秋轉。1987。兩個無性系良種在不同土壤中對氮磷鉀的吸收作用。茶葉科學。7(2):47-49。

16.陶漢之。1991。茶樹光合生理的研究。茶葉科學。11(2):169-170。

17.劉文斌。1983。化學評定炒青綠茶品質的初探。茶葉。2:24-29。

18.蕭偉祥。1987。製茶發酵的生化機制。茶葉科學。7(2):1-6。

養液滴灌應用於設施蔬果栽培之研究

Study on fertigation for fruit vegetables in the greenhouse

江汶錦[1]

[1]行政院農業委員會臺南區農業改良場

*E-mail: wjjiang@mail.tndais.gov.tw

2010 年年報統計全國設施蔬菜面積達 8603.28 公頃，較 2005 年的 4934.74 公頃增加 74%，顯示設施面積增長迅速，且 2011 年台塑六輕承諾捐款 30 億成立雲林縣農業發展安定基金，亦大幅促進雲林地區農業設施的搭建，鑒於設施面積逐年增加，但缺水、土壤鹽害與人力缺乏等問題卻日益嚴重，因此建立設施內的節水省肥省工的栽培模式刻不容緩，而養液滴灌提供一個適合的解決方式，2012 年~2014 年利用設施滴灌技術，種植五期作設施洋香瓜(天華、臺南 11 號)試驗，採平畦栽培大幅減少開溝人力，株距 0.5 公尺採單幹整枝，一株留一果，結果顯示，養液滴灌方式相較於傳統施肥方式，可減少施肥量 30%~50%；相對於作物施肥手冊以面積計算之推薦施肥量(公斤/公頃)，洋香瓜(N : P_2O_5 : K_2O = 110~150 : 210~250 : 160~200)，而養液滴灌施肥量則以單株估算，合理施肥量(公克/株/期作)為 N = 6~10，P_2O_5 = 10，K_2O = 8；以每株 6 公克氮肥，其氮肥利用效率最高可達 80%；收成率達 90%以上較傳統栽培提高 15%以上；根據土壤張力計值，夏季灌水量需超過 53 公升/株/期，而在冬季灌水量 56.3 公升/株/期已經足夠，相對於傳統溝灌可節省約 80%用水量，且大幅減少雜草生長與除草人力，相對提升肥料效率；雖然初期氮肥分配率(45%~85%)處理，對土耕養液滴灌的洋香瓜產量沒有顯著影響，但若考慮生長速度與發酵果比率，則以留蔓期前累積投入 60%的氮肥較佳。以 2013 年 1 期作天華為例，全期作氮肥為 6 g/株，灌水量 53 公升/株/期，均果重 2483 公克、收成率 96%，糖度 16.1，用 100 元/公斤價格換算，每栽培期約 90 天，一期收益可賺得 474 萬元/公頃，若一年栽種 3 期每分地產值超過百萬不是夢想。

關鍵詞：養液滴灌、設施栽培、氮肥利用率、合理化施肥。

前　言

因全球氣候變遷影響，常引起小區域的氣候異常現象，導致農業損失嚴重，為降低生產風險與提高作物生產品質，溫網室栽培的需求也越來越多，2010 年農業年報統計全國設施蔬菜面積達 8603.28 公頃，較 2005 年的 4934.74 公頃增加 74%，顯示設施面積增長迅速，除農政單位補助外，更有企業回饋金補助農友搭設簡易型、加強型、力霸型等溫室，2011 年台塑六輕承諾捐款 30 億成立雲林縣農業發展安定基金，亦大幅促進雲林地區農業設施的搭建，除了溫室面積逐年增加外，同時水資源的缺乏與合理化施肥觀念的深植，農民急需一套省水、省肥、高效的肥培方法，而養液滴灌是個不錯的模式，這 3 年的試驗嘗試使用自動化滴灌系統進行直立式洋香瓜栽培，逐步探討：1.養液栽培與其他施肥法的比較 2.養液滴灌栽培洋香瓜的氮肥利用效率 3.水份管理對設施洋香瓜的影響 4.氮肥分配率對設施洋香瓜的影響。

植物生長所需之 17 種必要元素，依吸收量的多寡區分為大量元素、次量元素及微量元素，傳統耕作模式，是將除碳、氫、氫和氧外的其他養分肥料投入土壤，再藉由植物的根系利用擴散、質流、根截取等方式，將營養要素吸收以供作物生長。為提升肥料利用率，許多文獻常使用其他有別於傳統慣行的施肥方式；如控釋肥的使用可使水稻增產 20%，並節省 75%施肥人力[1]。作物除了靠根吸收營養要素外，也能透過葉子吸收，許多文獻指出葉面施肥有助增產與提高品質[2、3、11、14、19]，提高肥料利用效率等，葉面施用 1 公斤氮素，植物吸收利用量等同土中施用 5 公斤氮素，但人力的支出與施用量的限制是主要的問題，葉面噴灑磷酸鹽和鉀鹽等肥料能誘導植物自身保護機制，對黃瓜白粉病、玉米銹病有效，此效果可能是化肥藥效與植體健康同時產生，但有時葉面噴施肥料不當導致葉片燒傷，減少了光合面積，並降低產量。植物雖有許多方法吸收營養元素，仍以根系為主要吸收途徑，而土壤水份含量的多寡則會嚴重影響根系的吸收能力，當然土壤質地也會影響到水份境況，隨著土壤水分的增加，K/Mg 的量也隨著增加，砂質土之含水量由 15%提升至 60%，植物吸收 K/Mg 由 0.5 提升至 1.7，粘土之含水量由 11%提升至 28%，吸收 K/Mg 由 0.2 提升至 0.5，因此合理化施肥管理不應只有肥料推薦量，仍須搭配適合的水分管裡，隨著科技的發展水份管理由早先粗放的漫灌、溝灌、穿孔管噴灌、噴頭噴灌，到現階段搭配環境感應器的自動化養液滴灌系統，可以同時管理水份與肥料，達到節水、省肥和提升品質的目地[4、13、15、16]。

材料與方法

一、試驗時間、地點、品種

本試驗地點為本場 F4-G3 力霸型溫室，面積約 350 平方公尺，試驗前後土

壤皆採樣，試驗期間為2012年 ~2014年，種植洋香瓜(天華、臺南11號)5作，每作試驗目的不同，採平畦栽培，單幹整枝，一株留一果，每行16株，共20行，行株距0.5 m × 1.5 m，每分地約1333株，一般單行或雙行植每分地約為2100株 ~ 2400株，田間設計採CRD，以土耕滴灌方式供水或養液處理，搭配PLC與流量計控制灌溉時間與灌水量，並以土壤張力計監測土壤水分含量變化。

二、田間試驗設計

1. 2012年一期作

目地：比較5種不同施肥方式對洋香瓜(天華)產量的影響。

肥料試驗處理主要參考作物施肥手冊之推薦施肥量(公斤/公頃)，洋香瓜($N:P_2O_5:K_2O$=110~150：210~250：160~200)，並設計5種施肥方式包含，一般傳統施肥、葉面施肥、養液土耕滴灌、控釋肥、空白對照組等，試驗期程2月2日育苗、2月17日定植、4月2日授粉(定植後44天)、5月17日開始採收(授粉後46天)。

5種處理施肥量分別為：1. 1×傳統施肥量訂為($N:P_2O_5:K_2O$ = 12.5:20.8:12.5) g/株，基肥(43號 1000 g+過磷酸鈣 833 g) /18株/行，4月 10日追肥(43號 500 g)/18株/行。2. 0.8×控釋肥訂為一般傳統施肥 0.8 倍量，用量訂為($N:P_2O_5:K_2O$ = 10:16.7:10) g/株，自製控釋肥編號172，初期溶出率5.3%，全量當基肥施用。3. 0.5×養液土耕滴灌訂為一般傳統施肥 0.5 倍量，用量訂為($N:P_2O_5:K_2O$ = 6.3:10.4:6.3) g/株，以3000 ppm N、P、K供應，以5階段供肥，每天滴灌1次為期75天。4.葉面施肥方式為，基肥(43號500 g+過磷酸鈣278g) /行，定植25天後，開始葉面施肥以340 ppm N，228 ppm P，287 ppm K每天噴施，並記錄用量供試驗結束統計用量為($N:P_2O_5:K_2O$ = 10:14.36:9.1) g/株，約一般傳統施肥0.67~0.8倍量。5.空白對照組則不施用肥料。

2. 2012年二期作

目地：比較3種不同養液量和傳統施肥對洋香瓜(臺南11號)的影響。

肥料試驗處理主要參考作物施肥手冊之推薦施肥量(公斤/公頃)，洋香瓜($N:P_2O_5:K_2O$=110~150：210~250：160~200)，並設計五種施肥形式包含，一般傳統施肥、葉面施肥、3種養液土耕滴灌等，試驗期程7月27日育苗、8月10日定植、9月7日授粉(定植後28天)、11月15日第一次採收(授粉後38天)、11月19日第二次採收(授粉後42天)、11月22日第三次採收(授粉後45天)。

一般傳統施肥量因前期作肥力殘留嚴重，因此用肥量減半，訂為

($N:P_2O_5:K_2O$ = 7:1.52:7) g/株，基肥(特 42 號+過磷酸鈣) /18 株/行，9 月 11 日大果期追肥(特 42 號) /18 株/行。養液土耕滴灌為一般傳統施肥 0.7 倍($N:P_2O_5:K_2O$ = 4.77:1.1:5.06) g/株、0.56 倍($N:P_2O_5:K_2O$ = 3.82:0.88:4.05) g/株、0.35 倍($N:P_2O_5:K_2O$ = 2.39:0.55:2.53) g/株，需水量 37.8 升/株，以 3000 ppm N、P、K 供應，以 5 階段供肥，每天滴灌 4 次為期 53 天。葉面施肥方式為，基肥使用控釋肥編號 204，初期溶出率 4.5%+過磷酸鈣，待著果後開始葉面施肥以 378 ppm N，165.2 ppm P，68.13 ppm K 每天噴施，並記錄用量供試驗結束統計為($N:P_2O_5:K_2O$ = 4.3:0.83:7.0) g/株，約一般傳統施肥 0.54~1 倍量。

3. 2013 年一期作

目地：確定洋香瓜(天華)養液滴灌的氮肥等級。

肥料試驗處理參考作物施肥手冊之推薦施肥量(公斤/公頃)，洋香瓜($N:P_2O_5:K_2O$=110~150：210~250：160~200)，每公頃隧道式約 6 千~1 萬株，直立栽培株數約為 2.1 萬~2.4 萬株，並根據植體分析結果與生產潛力，分別將施肥處理設計如下，主要進行洋香瓜氮肥 5 級處理、傳統施肥(T)與控釋葉面肥(C)等。

試驗期程 2 月 8 日定植、3 月 16 日授粉(定植後 36 天)、5 月 8 日開始採收(授粉後 51 天)。主要進行洋香瓜氮肥 5 級處理($N-P_2O_5-K_2O$=(2、6、10、14、18)-10-10 g/株)、傳統施肥(T)(10-10-10 g/株)與控釋葉面肥(C)(5-5-5 g/株)。控釋肥初期溶出率 10%，全量當基肥施用，結果期後搭配葉面肥施用，傳統施肥分 2 次施肥(基肥與追大期)，養液土耕滴灌，首先將硫酸銨、硝酸銨、尿素混和配製成 3000 ppm N，以過磷酸鈣配製成 3000 ppm P，以硫酸鉀配製成 3000 ppm K 供應，配合 PLC 程式控制器，以 5 階段供肥，每天滴灌 2~4 次。

4. 2013 年二期作

目地：確定洋香瓜(臺南 11 號)養液滴灌的氮肥等級與水份影響。 試驗期程：耐熱品種洋香瓜(臺南 11 號)，8 月 12 日育苗、8 月 23 日定植、9 月 25 日授粉(定植後 33 天)、11 月 5 日開始採收(授粉後 41 天)。主要進行洋香瓜氮肥 5 級處理($N-P_2O_5-K_2O$=(2、4、6、8、10) -10.8-8.2 g/株)，養液土耕滴灌，首先將硫酸銨、硝酸銨、尿素混和配製成 3000 ppm N，以過磷酸鈣配製成 3000 ppm P ，以硫酸鉀配製成 3000 ppm K 供應，配合 PLC 程式控制器，以 7 階段供肥，每天滴灌 2~5 次。

5. 2014 年二期作

目地：確定洋香瓜(天華)養液滴灌的氮肥分配率與水份影響。

試驗期程：行株距 1.5 m ×0.4 m，採單幹整枝一株一果栽培，疏植株距 0.5 m，7 月 31 日育苗、8 月 18 日定植、9 月 17 日授粉(定植後 30 天)、9 月 22 日疏果、11 月 3 日開始採收(授粉後 47 天)。主要進行洋香瓜，主要探討 4 種營養生長期的氮肥分配率與 2 種供水量，期間總肥料量為($N-P_2O_5-K_2O$ = 6-10-8 g/株)，氮肥分配率處理為授粉期前施用(45%、50%、60%、85%) 氮肥量，養液配方，將硫酸銨、硝酸銨、尿素混和配製成 3000 ppm N，過磷酸鈣配製成 3000 ppm P ，硫酸鉀配製成 3000 ppm K 供應，水份處理生長全期 1 倍水量為 61.5 L/株，2 倍水量為 123 L/株，配合 PLC 程式控制器，以 7 階段供肥，每天滴灌 2~5 次。

三、氣候資料搜集

溫室試驗期間以 WatchDog 小型氣候資料收集器(Model 400 與 Model 900ET)，每 0.5 小時紀錄一次，溫室內離地 1 米之氣溫、土壤水分含量與水分張力值變化。

四、土壤、植體及果品採樣

土壤於試驗前後各採樣 1 次，共 2 次；植體採樣部分，試驗結束後植體全株採樣，藉以分析植體營養含量；果實採樣部分，洋香瓜每處理取所有果實測其平均單果重、良率等，並每處理取 1 顆果實測其榨汁率、可溶性固形物(total soluble solids；^{o}Brix，糖度)。

五、土壤及植體分析

土壤導電度以土：水(w/v)＝1：5 作成懸浮體，過濾後以導電度計(WTW / Cond 730 型)測定之。pH 值以土：水(w/v)＝1：1，平衡一小時後以玻璃電極法(TOADKK / HM-25R)測定之[7]。有機質以總有機碳(TOC)分析儀 (analytikjena / EA4000)測定之。土壤磷以 Bray No.1 抽出[10]，鉀、鈣及鎂以 Mehlich No. 1 抽出後用感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)(HORIBA / ULTIMA2)測定之[7,9]。

將植體樣本採取後，先以蒸餾水或自來水初步清洗，再以蒸餾水及去離子水沖洗後，以乾紗布擦乾植物體表面的水，置入 70℃的烘箱中 24 小時，分別秤重並磨粉備用。氮以元素分析儀(elementar / Vario EL III)分析之，磷、鉀、鈣及鎂則先以三酸(HNO_3:$HClO_4$:H_2SO_4= 9:2:2)分解至澄清，磷用鉬黃法測定，鉀、鈣、鎂及微量元素用感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)(HORIBA / ULTIMA2)測定[8]。

六、統計分析

利用 SAS 9.1 統計數據，經變方分析(Analysis of Variance, ANOVA)測驗處理間之顯著性，再以最小顯著差異性測驗(Fisher's protected least significant difference test, LSD test)進行處理間平均值的差異檢定，在 $p \leqq 0.05$ 時視為顯著，同時進行產

量、氮肥與氮肥平方回歸分析。

七、評估不同施肥處理間之經濟效益

包含用管線折舊、電費、施肥費用、人工等生產支出與產量、品質等生產收入。

結果與討論

一、養液栽培與其他施肥法的肥效比較

不同的栽培環境都可以搭配有最合宜的施肥方式，在電力或灌溉系統不發達的農田，使用控釋型肥料取代傳統施肥，具有節省追肥人力、省肥 20%或提高 20%產量的功效；葉面肥肥效迅速，可快速補充植體所缺乏的營養含量，藉由調整養份比率來提升產品品質；噴灌栽培則可克服地形高差，節省大量人力；而在數種灌溉方式中，目前仍以滴灌（Drip irrigation）最具節水及省肥功效，它可以在有效根系範圍提供較高的養份濃度，供應作物生長，且對提升作物產量和品質最具增進效果。因此研究目標之一，比較 4 種施肥方式在洋香瓜栽培的影響。

1. 比較傳統施肥、養液滴灌、控釋型肥料與葉面施肥的肥料效果

由表一資料可知，2012 年 1 期作洋香瓜的單果重、糖度等產量資料在三種肥料處理(1×傳統施肥量、0.8×控釋肥、0.5×養液土耕滴灌)並沒有差異，顯示以作物施肥手冊為施肥基準下，使用養液土耕滴灌(125 kg N ha^{-1})相對可省肥 50%不會對洋香瓜產量造成影響，而控釋肥則可省肥 20%，(M.J. Cabello, 2008)指出甜瓜滴灌(106 kg N ha^{-1})有最大相對產量，施肥 30 kg N ha^{-1} 減產 20%，393 kg N ha^{-1} 減產 15%。0.7~0.8×葉面施肥處理果重偏低是因授粉時施葉肥的濕度問題導致著果不良，文獻亦提到濕度、低溫、陰天等亦會影響授粉，但試驗中發現葉面肥處理的洋香瓜(天華)植株的網紋與抗萎凋(耐熱)較佳，進一步探討抗萎凋的原因可能與葉片厚度有關，冬季洋香瓜(天華)葉面肥處理葉厚平均 0.579 mm 與其他處理有顯著差異，甚至與耐熱型洋香瓜臺南 11 號葉厚 0.583 mm 相似，或許葉面施肥有提升洋香瓜耐熱能力，(Fu, J., & Huang, B. , 2003、Zhao, W. Y., etc, 2008)亦支持這個論點。對照組不施肥，雖然仍有果實，但糖度明顯較其他處理低 2 度，商品價值低，與缺肥導致葉綠素值較低，進而影響光合作用有關，因此雖然土壤肥力不低，但施肥仍有其必要性。

雖然養液能滴灌省肥至少 50%，但試驗後仍發現，土壤 EC(dS m-1)由原先 0.62~0.90，變為 0.45~1.24，除空白組與 0.8 倍控釋肥降低外，一般傳統施肥相似，而養液處理則有提升，顯示養液處理殘肥量高，因可更進一步減少施肥。

2. 以傳統施肥量為標準確認養液滴灌省肥的程度

依據 2012 年 1 期植體分析結果，估算每株洋香瓜 NPK 吸收量為：N < 4 g，P_2O_5 < 0.6 g，K_2O < 7 g，且因前期作肥力殘留嚴重，因此傳統施肥量參考施肥手冊用肥量減半估算，訂為(N:P_2O_5:K_2O = 7:1.5:7) g/株，產量結果如表二，顯示在減半的肥料基礎上，傳統施肥量、0.7×養液、0.56×養液、0.35×養液，4 種

處理對產量品質沒有影響，就表面資料而言，似乎養液滴灌可以省肥 65%以上，然而根據物質不滅定律與質量平衡概念，植體的養分吸收量(N < 4 g)遠高於 0.35x養液所提供的量(2.45 g N)，多吸收的部分勢必由土壤提供，雖然土壤分析資料沒有明顯變化，應是單一作變化量太少無法反映出來，若長期以此低投入栽培，勢必造成土壤肥力下降。

因作物施肥手冊是以隧道式洋香瓜栽培為主，並以面積為單位，來評估施肥量，而設施養液滴灌之直立式栽培，則需以株數為單位，來評估施肥量，二者單位不同，雖可以栽培密度簡單換算，但仍存在很大的落差，因此若以作物施肥手冊推薦施肥量為基準，輔以簡單的省肥%級距，來評估養液滴灌適宜的施肥量是明顯不足的，而應以報酬遞減律的觀念，重新找出適合的施肥量。

二、養液滴灌栽培洋香瓜的氮肥利用效率

依據農糧署 101 年~103 年農業年報統計，雲嘉南地區洋香瓜單位面積產量，以雲林縣 16505~18226 kg/ha 最高，臺南市 11982~13543 kg/ha 次之，嘉義縣 11627~12494 kg/ha 最低，平均約為 14103 kg/ha，以 2012 年 1、2 期作果品分析表(表一、二)估算 80%收成率，預估養液滴灌直立式栽培產量約為 18600 kg/ha，較年報產量約高 30%，理論上較高的產量需要更多的肥料供應，然而實際的養液滴灌用肥量卻比傳統施肥量少，表示滴灌有較高的施肥效率，因此養液滴灌相對於傳統施肥有更高的生產潛力。

1. 氮肥 **5** 級生產潛力與施肥量的確認

由 2013 年一期作洋香瓜試驗後土壤 EC(dS m-1) 以 N 18 g/株處理增加最多達 0.35，而 N 6 、N 10、N 14 分別增加 0.11、0.13、0.21，顯示每株洋香瓜 N 肥用量 18 g，明顯造成鹽害累積，而適宜的 N 肥應為 6~10 g/株。植體分析顯示植體氮含量有隨施氮量增加而增加，鉀含量以控釋葉面肥與傳統施肥處理最低，且這 2 種處理的氮磷含量亦低，表示肥料利用率低，顯示僅 1、2 次的基肥與追肥的相對大量施肥，肥效不如少量多次的養液滴灌，以植體分析數據與肥料投入量計算，每株 6 公克氮肥，其氮肥利用效率最高可達 80%。

第一期洋香瓜果品分析如表三，果汁糖度通常較中心糖度低 2~3 度，中心糖度以 N6 處理最高 16.1 度達顯著差異，其餘處理中心糖度沒有差異，有隨氮肥用量越高，糖度越低的趨勢，將缺株、裂果等不良品去除，即所謂的商品果收成率，發現養液滴灌的收成率為 93%~96%，遠高於傳統施肥收成率 75%，但當氮肥提高到 18 g/株時，收成率顯著下降為 82%，與其他養液處理者有顯著差異，總均果重以傳統施肥最重 2685 公克/顆，達顯著差異，N2 處理最小 2328 公克/顆，其餘的處理都相近在 2437~2483 公克/顆，雖然總均果

重以傳統施肥最重，但收成率太低造成面積產量偏低。

第二期洋香瓜試驗後 N2、N4、N6 的 EC 較試驗前有下降現象，而 N8、N10 反而增加，果品分析如表五，因著果期連續 2 周陰天，導致著果不良，部分處理著果位達 20 節以上，嚴重影響產量與品質。統計上各處理間不論均果重、收成率、糖度、榨汁率等，皆無顯著差異，此結果除了氣候因子外與氮肥級距沒有分開亦有關，結果與第一期作 N2、N6、N10 的處理相似。

2. 生產潛力與經濟效應評估

由圖二可知，氮肥處理對洋香瓜產量有顯著影響，方程式 $y = -100.98x^2 + 1834.1x + 39906$，$R^2 = 0.926$，依方程式而言，當施肥量 N = 9.1 g/株有最高產量 48234 kg/ha，約為 103 年年報雲嘉南平均產量 14551 kg/ha 的 3 倍以上。由表四可知依據單果重換算單位面積株數一株一果，1 公頃種 20,000 株，乘上收成率，依糖度訂定價格(100 元/公斤)，並評估生產支出，包含肥料、電費、勞力、管線折舊等，換算收益以 N6 表現最佳，一期可賺得 474 萬元/公頃。控釋葉面肥收入最低為 390 萬元/公頃，此與控釋肥單價偏高、施肥量少導致產量低且使用滴帶設備有關，傳統施肥收益為 398 萬元/公頃，亦遠低於相同施肥量的 N10 g/株收益為 464.6 萬元/公頃。

小結：第一期作洋香瓜結果顯示，養液滴灌處理的產量、品質與收益，較其他肥料處理者為佳，但養液的氮肥用量需適當並非越多越好，以 N 6 g/株收益最佳，太少果小，太多收成率差，若以方程式評估則以 N 9.1 g/株有最高產量。

三、土壤水份管理對設施洋香瓜的影響

肥料效率與土壤水分息息相關，適當的水份幫助作物更容易吸收肥料且產量品質提升(Kirnak, H.,etc.,2005、Pier, J. W., & Doerge, T. A., 1995)，但過多的水分，因淋洗作用與厭氣環境造成氮肥的損失(Vázquez, N.etc., 2006)，利用土壤水分張力計與不同的量測深度，可以呈現土壤不同深度的水分的變化與代表意義，從而作最好的灌溉管理(Pier, J. W., & Doerge, T. A. ,1995、Pier, J. W., & Doerge, T. A., 1995)，雖然西瓜在土壤水份含量 6~7.2 KPa 有較佳的產量(Pier, J. W., & Doerge, T. A., 1995)，然而田間容水量之水份張力為 33.3KPa，若低於此數值則可能發生土壤淋洗，因此如何控制表土有適宜的水份含量與最少的土壤淋洗，可以提升肥料利用效率。

由於洋香瓜屬淺根作物，大多數根群集中在表土，2013 年水分試驗，將石膏塊埋設 4 個深度 A(10cm)、B(20cm)、C(30cm)、D(40cm)，用以了解溫室洋香瓜生長期間灌水量 0.5~1.5 L/株天是否足夠，土壤水分變化如圖一，因石膏塊埋入土前有未充分吸水故初期讀值甚高，待石膏塊與土壤環境達水分平衡時才有測值，第

一期作試驗生長期間 10 公分的張力變化最劇烈，為增加授粉率避免落果，3 月 11 日減少水分為 0.8 L/株/天，10 公分深張力最高可達 100 kPa，20 公分深張力最高可達 60~70 kPa，顯示根系主要分部在 10~20 公分間，水份供應為足夠中的缺乏，下期作可增加水量，3 月 25 日疏果完畢增加供水為 1.5 L/株/天，張力明顯下降，4 月 22 日準備增甜減少供水為 0.2 L/株/天，張力逐漸增加，第一期作總供水量累積為 53 L/株/期，與農友溝灌栽培美濃瓜用水量 257 L/株/期，相比可省水 80%。果品糖度雖高，但口感偏硬，判斷應為生長後期水份供應太少，需增加水量，有文獻指出土壤水分在 pF 2.0~1.5 (9.8~31 kPa)洋香瓜生長良好，因此第二期作將增加供水量與灌溉頻率。

第二期作試驗生長期間，由於灌溉頻率與水量較第一期作增加，故張力大致處於 0~40 kPa 間，且趨於平緩，2 期作 1 倍水量處理總供水量累積為 56.1 L/株/期，2 倍水量處理為 112.2 L/株/期，發現 2 倍水量處理者，全期 10 公分張力皆小於 20 kPa，30 公分張力幾乎維持在 10 kPa，顯示 2 倍水量處理水份偏高，恐有淋洗之慮，而 1 倍水量處理張力變化平緩且維持在 40 kPa 以下，顯示冬季洋香瓜灌水量 56.1 L/株/期已經足夠。

雖然試驗結果水份處理對產量沒有顯著差異，可能與 1 倍水量已適合洋香瓜生長，未有缺水逆境，且與 2 倍量水分處理無法區隔有關，然而由後續儲放可以發現 2 倍量水分處理者，其儲存時間較短而減少上架時間，影響後續販售行為，因此水份處理與儲架壽命的關係值得進一步研究。

四、氮肥分配率對設施洋香瓜的影響

2014 年針對不同氮肥分配率(45.5%~85%)與水量處理對設施洋香瓜的影響進行研究，產量統計不同氮肥分配率(45.5%~85%)與灌水量無交感現象，果品分析如表六，均果重統計，氮肥分配率處理沒有差異，2 倍灌水量均果重大於 1 倍灌水量，達顯著差異，糖度則所有處理都沒有顯著差異、榨汁率結果與均果重相似，氮肥處理沒有差異，2 倍灌水量大於 1 倍灌水量，雖然不同氮肥分配率(45.5%~85%)對果品沒有差異，但根據現場植株發育狀況，以初期 60%氮肥分配率的生長速度較快，有助縮短栽培時間，此結果與作物施肥手冊的定植前 20 天累積的氮肥分配率相似。

結論

2012 年~2014 年種植五期作設施洋香瓜(天華、臺南 11 號)試驗，養液滴灌方式相較於傳統施肥方式，可減少施肥量 30%~50%；養液滴灌合理施肥量(公克/株/期作)為 N = 6~10，P_2O_5 = 10，K_2O = 8；以每株 6 公克氮肥，其氮肥利用效率最高

可達 80%；且收成率達 90%以上，較傳統栽培提高 15%以上；夏季灌水量需超過 53 公升/株/期，而在冬季灌水量 56.3 公升/株/期已經足夠，相對於傳統溝灌可節省約 80%用水量，且大幅減少雜草生長與除草人力，相對提升肥料效率；雖然初期氮肥分配率(45%~85%)處理，對土耕養液滴灌的洋香瓜產量沒有顯著影響，但若考慮生長速度與發酵果比率，則以留蔓期前累積投入 60%的氮肥較佳。以 2013 年 1 期作天華為例，全期作氮肥為 6 g/株，灌水量 53 公升/株/期，均果重 2483 公克、收成率 96%，糖度 16.1，用 100 元/公斤價格換算，每栽培期約 90 天，一期收益可賺得 474 萬元/公頃，若一年栽種 3 期每分地產值超過百萬不是夢想。

致謝

本研究承蒙農委會科技計畫經費支持與土肥研究室全體同仁協助執行，才得以順利完成，謹此致謝。

引用文獻

1. 江汶錦、黃瑞彰。2011。控釋型肥料應用於水稻栽培之研究。臺南區農業改良場研究彙報 58：40-4
2. 邱禮弘、陳榮五，2001，排水設施及葉面鈣肥對蜜紅葡萄之影響。臺中區農業改良場研究彙報 71:35-42 。
3. 戴振洋，蔡宜峰，郭孚燿，1996，肥料對不同品種甘藍穴盤苗生長之影響。臺中區農業改良場研究彙報 50:11-20。
4. 謝明憲，劉依昌，許涵鈞，江汶錦，鍾瑞永，2010，小果番茄肥液滴灌管理研究。臺南區農業改良場研究彙報 59：45-53
5. 羅秋雄，2005，作物施肥手冊。
6. 賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾。2012。氮肥用量對水稻產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 114:35-43。
7. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。p. 9-26。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
8. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。p. 53-59。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第 13 號。
9. 易杰祥、吕亮雪、刘国道。2006。土壤酸化和酸性土壤改良研究。华南热带农业大学学报 12(1): 23-28。
10. Johnston, A. E., K. W. T. Goulding, and P. R. Poulton. (1986). Soil acidification during more than 100 years under permanent grassland and woodland at Rothamsted. Soil use and management 2(1): 3-10.
11. 谷田沢 道彦、東野 正三，(1953). Phosphorus Turnover in Plant Leaves. Studies on the Folial Dressing (Part 3) Journal of the science of soil and manure, Japan 23(4), 297-301.[in Japanese]
12. Glenn, G.M.. B.W. Poovaiah, and H.P. Rasmussen. (1985). Pathway of calcium penetration through isolated cuticles of 'Golden Delicious' apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(2):166-171
13. Locascio, S.J., Smajstrala, A.G., (1995). Fertilizer timing and pan evaporation scheduling for drip irrigation method. In Proceeding of the Fifth International Micro Irrigation Congress on Micro Irrigation for a Changing World. Conserving Resources/ Preserving the Environment held at Hyatt Regency Orlando, Orlando, Florida, April 2-6, pp. 175-180
14. M. Díaz-Zorita, M. V. Fernández-Canigia and G. A. Grosso. (2001). Applications of Foliar Fertilizers Containing Glycinebetaine Improve Wheat Yields. Journal of Agronomy and Crop Science. 186(3):209–215.

15. Miller, R.J., Rolston, D.E., Rauschkolb, R.S., and Wolf, D.W., (1976). Drip irrigation of nitrogen is efficient. California Agriculture. 30:16-18.
16. Papadopoulos, I., 1992. Fertigation of vegetables in plastic-house: present situation and future aspects. Acta Horticulturae 323:151–174.
17. Peter M. Neumann, Yael Ehrenreich and Zvia Golab. (1981). Foliar Fertilizer Damage to Corn Leaves: Relation to Cuticular Penetration1. Agronomy Journal. 73(6): 979-982.
18. Peter M. Neumann. (1979). Rapid Evaluation of Foliar Fertilizer induced Damage: N, P, K, S on Corn1. Agronomy Journal. 71(4): 598-602.
19. R. Reuveni and M. Reuveni. (1998). Foliar-fertilizer therapy — a concept in integrated pest management. Crop Protection. 17(2): 111-118.
20. Zhao, W. Y., Xu, S., Li, J. L., Cui, L. J., Chen, Y. N., & Wang, J. Z. (2008). Effects of foliar application of nitrogen on the photosynthetic performance and growth of two fescue cultivars under heat stress. Biologia Plantarum, 52(1), 113-116.
21. Vázquez, N., Pardo, A., Suso, M. L., & Quemada, M. (2006). Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. Agriculture, ecosystems & environment, 112(4), 313-323.
22. Pier, J. W., & Doerge, T. A. (1995). Nitrogen and water interactions in trickle-irrigated watermelon. Soil Science Society of America Journal, 59(1), 145-150.
23. Papadopoulos, I. (1992, March). Fertigation of vegetables in plastic-houses: Present situation and future prospects. In Symposium on Soil and Soilless Media under Protected Cultivation in Mild Winter Climates 323 (pp. 151-174).
24. Cabello, M. J., Castellanos, M. T., Romojaro, F., Martinez-Madrid, C., & Ribas, F. (2009). Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. Agricultural water management, 96(5), 866-874.
25. Fu, J., & Huang, B. (2003). Effects of foliar application of nutrients on heat tolerance of creeping bentgrass. Journal of plant nutrition, 26(1), 81-96.
26. Hartz, T. K., & Hochmuth, G. J. (1996). Fertility management of drip-irrigated vegetables. HortTechnology, 6(3), 168-172.
27. Kirnak, H., Higgs, D., Kaya, C., & Tas, I. (2005). Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. Journal of plant nutrition, 28(4), 621-638.
28. Pier, J. W., & Doerge, T. A. (1995). Nitrogen and water interactions in trickle-irrigated watermelon. Soil Science Society of America Journal, 59(1), 145-150.

養液肥培管理在農作物栽培上之應用

Application of nutrient solution management on crop cultivation

張庚鵬[1,*]、李艷琪[1]

[1]行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

[*]E-mail：gpchang@tari.gov.tw

緒　　論

肥料是提供作物營養的物質。也就是說，為了促進作物生長、提高產量或增進品質而有直接或間接地供給作物的物質。地球上幾乎沒有一個地方的土壤(或任何一種栽培介質)，可以不施用任何肥料而能長期種植作物並獲得高產。在大多數情況下、由於種植作物，土壤逐漸變得貧瘠。因此，即使在最簡單的農業制度下，也需要施用肥料。

早期人類所使用的肥料不外動物的糞尿、屍骸，或植物性的堆肥。施用此等肥料常因受限於施用量不足、營養要素的釋出難以掌控，及施用方法不當，所栽種作物的產量可說低得可憐。直至高要素成分、高溶解度、低成本的化學肥料的發明，農業產生震撼性的「綠色革命」—由於化學肥料的廣泛使用，作物產量成倍數的增長，也使人類戰勝了飢餓。時至今日，雖偶有因化學肥料施用過量而導致土壤暫時酸化，或造成環境水質污染之事例發生，化學肥料仍是農業先進國家農作物栽培上使用的最主要肥料。

施肥在栽種作物上既然扮演如此重要的角色，因此，在栽種作物前先擬定一套合理的肥培管理辦法是絕對必要的。何謂合理化肥培管理？簡單地說，就是讓所施用的肥料達成最高效率的生產量的肥培管理方式稱之。但是要達成此種目標可不容易。首先，得先明瞭栽植土壤(或其他介質)之理化性質，然後，按所栽種作物之生育特性(長短期採收、品種差異等)，參酌不同生育時期(苗期、營養生長期、生殖生長期等)、氣候(光照強度、溫溼度高低、通風狀況等)、栽培方法(設施或露地栽培、灌溉方法等)等因子之影響，以適當比率、適當量之肥料，適時以最佳的施用方法施用。接著以一套簡單而實用的方法來進行肥力監控也是必須的。如此，當栽培環境(如大量雨水沖淋等)或作物生育條件(如大量採收果實等)發生變化時，才可以隨時掌握肥力變化情形，給予適當的肥料補充。

養液肥培管理技術乃是跳脫傳統之施肥模式，將高溶解性化學肥料操作得更得心應手的一種施肥技術，通常應用於具高經濟作物之精緻栽培。如上文可知，影響肥培管理的因子眾多，若採用傳統之肥培管理方法━撒施、溝施、條施化學或

有機肥料，以雨水或溝渠水為水分供給方式，此法將因受限於土壤水分，肥料之溶解度及不同要素在土壤移動率不易控制，欲維持適當而穩定之土壤肥力及高肥料利用率實屬不易，自然無法達成高產、高品質之目的，養液肥培管理與傳統之肥培管理之簡單區別如表一所示。

表一、養液肥培管理與傳統肥培管理之區別

	類別	
項目	養液肥培管理	傳統肥培管理
肥料種類	高溶解性之化學肥	化學肥、有機肥、微生物肥料等
施肥方法	以管路系統進行噴施或滴施	撒施、溝施、條施等
施肥頻度	高頻度(甚至一日數回)，少量多施	低頻度(數週之追肥或數月之基肥)，多量少施
供水方式	控制性給水	雨水、溝渠給水或地下水
栽種類別	精緻栽培、高經濟作物為合宜	一般作物

養液肥培管理之操作要領

操作養液肥培管理，其管理重點主要在下列三項：

1.具備簡易實用之灌溉管路及適當供液量之設定 水分是作物生長所不可或缺的要素。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛。而在作物營養上，水分是營養要素(肥料)溶解的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。在具備防雨設施之土壤或介質內，以養液肥培管理栽種作物，供液量易於控制，穩定的肥力狀況亦易達成；若在多雨季節之露地栽培，溶解性液肥易因雨水淋洗而流失，維持穩定的土壤肥力極為不易，此種狀況並不適宜養液肥培管理之操作。灌溉管路方面，若無裝設防草設施(如防草蓆、不織布、銀黑塑膠布等)，則採用噴灌或滴灌皆可，若有，則以滴灌較為合宜。供液量之決定主要由作物生育狀況及氣候條件決定，而以恆定維持土壤(或介質)最佳水分狀態為基準。表二列出三種作物在不同生育狀況及不同氣候條件下之每日需水量。

表二、滿天星、玫瑰、小黃瓜每日需水量(公升/日/分地)

	冬季		夏季	
	苗期	收穫期	苗期	收穫期
滿天星	300~400	1000~1200	500~700	2000~2500
玫瑰	500~700	1500~1800	800~1000	3000~3500
小黃瓜	600~800	3000~4000	1500~2000	6000~8000

2.養液要素組成及濃度量之供給 一般而言，栽培土壤(介質)之理化性質、作物之生育特性及氣候條件為養液組成及濃度量供給主要影響因子。土壤理化性質方面，由於土壤之物理(如質地、團粒結構、孔隙度等)及化學(如酸鹼度、有機質、各要素含量等)性質與肥培管理直接相關，在擬定肥培管理流程時，土壤之理化性質常被列為優先考量因子。例如，在粗質地(如砂土，石礫地等)土壤栽種作物，供液方式宜採低濃度、高頻度方式，以求較佳肥效；在強酸性土壤(如紅壤等)栽種，所供應肥料除氮、磷、鉀外，亦需酌量增施鈣、鎂、硼等元素，在鹼性土壤(如濁水溪流域之石灰粘板岩沖積土)，則應注意酌施鐵、錳、鋅、硼等元素。作物之生育特性方面，不同的生育時期(苗期、營養生長期、生殖生長期等)及不同品種均應有不同的肥培管理。苗期栽培僅需較少量肥料，肥料過量亦致生育不良或肥傷；營養生長期當以較高比率之氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。生殖生長期則應適度將氮肥降低，提高鉀肥，此時期若氮素過多，枝葉繁茂將對果實或切花不利。氣候條件方面，光照、溫度、通風等因子會影響不同要素之吸收速度及效率，故視不同氣候條件調整養液之要素比率及濃度量是非常重要的。以介質栽培番茄為例，本省在低溫季節以荷蘭 Sonneveld 氏等之番茄養液配方栽種，可獲得滿意之番茄產量；但若在高溫季節，則調整配方有其絕對必要性(表三、表四)。

表三、荷蘭 **Sonneveld** 氏等之番茄養液配方與調整配方對夏季聖女小番茄及農友 **301** 番茄生育、產量及品質之影響**(1995** 年，**8** 月，台中**)**

調查項目[※]	Sonneveld 氏配方		調整配方	
	聖女小番茄	農友 301	聖女小番茄	農友 301
節間長度（cm)	29.4	22.3	19.3	14.6
尻腐率(%)	46.4	78.2	2.1	12.2
產量(公斤/株）	0.71	1.3	0.94	1.9
甜度(^{o}Brix)	5.3	3.9	8.1	5.9

[※]：節間長度、尻腐率及產量之調查，均為 20 株之平均值；節間長度之計算自頂端往下數 3～5 節，產量及尻腐率乃取第 4～6 段之花房果實。甜度調查亦取自第 4～6 段花房果實，但為 5 株平均值。

表四、荷蘭 **Sonneveld** 氏等之番茄養液配方與調整配方之要素含量比較表

要素	Sonneveld 氏配方濃度(ppm)	調整配方濃度 (ppm) 幼苗～第一花房著果	小果～中大果	中大果～收穫
硝態氮	192	60～112.5◎	45～115	36～85
銨態氮	17.5	17.5～60	35～105	35～84
磷	38	38	38	38
鉀	342	360～420	300～375	360～420
鈣	170	250～350	300～400	300～400
鎂	48	36～48	36～48	36～48
鐵※	0.84	2	2	2
錳	0.55	0.55	0.55	0.55
鋅	0.33	0.33	0.33	0.33
硼	0.32	0.32	0.32	0.32
銅	0.05	0.05	0.05	0.05
鉬	0.05	0.05	0.05	0.05

◎：各要素適宜範圍濃度之調整依據氣候條件（高低陽、日夜溫差）及品種等。

※：新使用之岩綿或含錳較高之有機介質(如泥炭等)及幼苗期，鐵之用量需斟酌提高。

3.土壤肥力之監控 為了讓所栽植作物能達成高產、高品質之目的，恆定地維持、監測土壤中

適當的要素比率及要素量(及最佳肥力)是必須的。然則，肥力如何監控呢？一般說來，最精確的肥力監控方式為：定期(且為短期，需能顧及生育過程中的變因)正確地採取土壤及植體樣本進行要素分析，如此即可準確地測知土壤與植體中要素比率及含量，並補其不足。可惜的是，因為種種因素影響，標準的土壤與植體樣本採樣、分析數據解讀方法並不容易建立，而且要素分析需昂貴的儀器及消耗大量的時間、人力，此法常窒礙難行。

根據多年的試驗及經驗，以簡易之 EC(電導度)測定法作為養液肥培管理之肥力監控方法，在一定的範圍有相當大的用處。由於土壤的 EC 值測定容易(僅需取一份土壤，加入五份純水攪拌後即可由電導度計測定，在田間亦能輕鬆操作)，而經由電導度計即可粗略得知土壤中要素之總量。此等肥力監控法需特別注意二項原則；第一：得先建立 EC 與肥力產量之關係式，如此，吾人即可直接由土壤之 EC 值來判斷要素之總量，並定出適當肥力之 EC 值範圍。第二：由於土壤之 EC 值僅表示土壤中之要素總量，無法表示個別要素之量及比率，是故，以固定比率之養液肥培管理下之 EC 肥力監控，才有其特殊存在之肥力意義界定。若在

介質(如泥炭土、岩綿、純水等)栽培，由於作物生育所需之全部必要元素之量與比率皆能控制，以 EC 測定法作為肥力監控方式，當較土壤栽培更能得心應手。

綜合上述，若能掌握養液肥培管理技術之重點，並正確地付諸執行，則所栽 培作物因水分、肥力充足，肥力穩定，且各生育時期之要素比率適當，自能生長 快速、繁茂，產量與品質皆高。然則，天下並無白吃之午餐。由於本省養液肥培 管理的研究與應用較農業先進國家(典型者如荷蘭)起步晚得多，而養液肥培管理技術操作之複雜度遠高於傳統之施肥方式，是故，有興趣從事養液栽培者，最好能先實際著手養液操作訓練，參酌吸取業者之操作經驗，並時時與專家聯繫討論，如此才可望獲致成功。

新型肥料的發展

The Development of New Fertilizer

張瑞明[1*]、陳佳玲[1]、譚增偉[1]、郭鴻裕[1]

[1]行政院農業委員會農業試驗所

[*]E-Mail：jmchang@tari.gov.tw

摘　　要

傳統的化學肥料施用於田間，由於雨水的淋溶作用或者土壤的固定作用，作物對肥料的利用率低，約為 30%，不僅耗費生產肥料的能源、增加農業的生產成本，也對環境產生負面的影響。緩/控釋型肥料施入土壤後，養分的釋放時間和釋放量能夠接近作物生長的需肥規律，與傳統化學肥料相較，具有減少田間肥料的管理成本、施用成本、運輸成本，以及對環境友善等優點，可以提升肥料的經濟效應，尤其在面臨農業人口日漸減少以及老化的情形下，發展新型的緩/控釋型肥料是解決肥料在農業經濟上問題的重要途徑之一。然而，發展緩/控釋型肥料，必須增加技術成本與材料成本，使得相同肥料養分含量的緩/控釋型肥料售價高出傳統化學肥料許多，限制了緩/控釋型肥料在農業上的應用，因此，發展適合我國農田肥料管理的緩/控釋型肥料是目前農業科技的重要科目。

關鍵字：緩控釋型肥料、肥料利用率

前　　言

由於世界人口增加，人類一味的追求高產量，不當施用化學肥料，使得肥料之利用率低，肥料之平均利用率約 30%至 35%(Murthy AGK etal,2002；Carreres R et al, 2003；Blaylock,A., 2010；D.S.Powlson et al , 2011)，不但提高農業生產成本，也造成了農產品品質下降，土壤品質劣化，同時帶進了環境汙染等問題（IFA,2007；Halvorson, A.D. and Del Grosso, St.J., 2010；Y. U. Hai-ying et al, 2010）。因此發展肥料養分釋放量與釋放速度能夠配合植物生長各階段對肥料養分需求之控釋型肥料，是目前世界重要的課題之一(Chissoasahi,2007)。 控釋型肥料的類型主要有兩種，一種是以化學方法將肥量直接或間接以共價鍵或離的方式鍵結到聚合物，另一種是以物理方法在化學肥料的外層包覆材料，但由於以化學方法生產控釋型肥料之技術複雜而且成本較高，因此目前多以物理方法研製控釋型肥料(Singh K et al, 2004；Yasm in N etal , 2007； M. Fernandez-Perez et al, 2011）。以包覆材料種類可將包膜型控釋肥料分為 1.無機物包膜肥料，如美國 TVA 研發之涂硫尿素；此類型控

釋肥料之包膜量偏大，相對降低了肥料之養分含量，因此目前之研究較少。2.有機物膜肥料，如美國 ADM 公司開發之 smocote 包膜尿素；此類型控釋肥料之控釋效果 較好，但有殘留物污染土壤之問題。3.可降解包膜肥料，如德國 ASFAG 公司開發 之包膜肥料（Yasm in N, et al, 2007）；此類型控釋肥料目前約佔日本包膜肥料的

50%，是目前控釋肥料的發展方向之一（W.J. Mulder, et al., 2008；Landels, S. ,2010a；Landels, S. ,2010b）。評估控釋型肥料的方法有 1.水中溶出法。2.土壤淋溶法。3.電超濾法。4.同位素追蹤法。5.擴散和滲透濾法。其中以水中溶出法和土壤淋溶法因操作技術簡單而較常為使用。 施用水稻控釋型肥料不但可以節省農民之勞動力，減少環境污染，而且 1.可以使水稻實粒數和千粒重有增加之趨勢；2.施用水稻控釋型肥料可較習慣施化學肥料節省氮磷鉀之肥料用量。3.施用水稻控釋型肥料可較習慣施化學肥料可以增加產值（李等，2005；徐等，2005；錢等，2007）。

目前肥料施用狀況

化學肥料因其速效及施用方便，廣受農民喜愛，佔據農用肥料的絕大部分，目前世界各國的化學肥料用量都很大，每年總需求量約 180 百萬噸。化學肥料是農業生產中最大的物質投資，約佔全部生產性投資的 40％至 60％，根據聯合國農糧組織統計，發展中國家糧食增產中，有 55％來自化學肥料的貢獻。然而由於（1）淋溶損失：氮肥和鉀肥中可溶性氮素和鉀素隨著雨水或灌溉水流失（2）揮發損失：主要是銨的損失（3）土壤固定：水溶性磷轉化成難溶性磷而失去肥效。也就是易出現肥量養份的供給與作物需求不一至的矛盾現象，因此普遍存在著化學肥料的利用率偏低的問題，研究顯示氮肥的利用率為 30%～60%、磷肥的利用率為 10%～20%、鉀肥的利用率為 30%～50%（Trenkel M. E., 1997； Saigusa M., 2000），化學肥料的平均利用率約為 30％，以台灣 103 年約消費 97 萬噸化學肥料計算，則約

有 68 萬噸化學肥料並沒有貢獻在農業生產上，台灣歷年肥料消耗量及估計損失金額如表 1，這不僅造成資源浪費、降低農業生產的經濟效益，同時也帶來嚴重的環境污染。而施用控釋型肥料是一種可以克服上述缺點的一種途徑，因此發展緩/控釋型肥料已成為目前化學肥料革新和研究的趨勢。

新型肥料介紹 緩/控釋型肥料的定義是肥料施入土壤後，在作物的生育期間，養分的釋放時

間和釋放量與作物的需肥規律相配合，可以減少肥料的損失，可提高肥料利用率的肥料。廣義的緩釋型肥料包括緩釋型肥料以及控釋型肥料，其實兩者之間是有區別的，緩釋型肥料（slow release fertilizer）的特點是肥料施入土壤後轉變為作物有效養分之釋放速率遠小於速溶性化學肥料，肥效較長並可減少肥份流失、揮失及淋洗損失，如裹硫尿素(Sulfur-Coated Urea, SCU)、裹硫氯化鉀、裹硫磷酸二銨等；由於硫的價格較低，又是作物生長必需的中量元素，所以裹硫尿素是世界上最早發展也是最普遍的包膜肥料；控釋型肥料（controlled release fertilizer）的特點是可控制肥料養分在土壤中的釋放時間與釋放量，使其肥料養分的釋放模式與作物生長發育的需肥要求一致，是緩釋型肥料的高階產品。

控釋型肥料的優點（1）肥效高：根據作物的對養分的需求釋放養份，養分利用率可以由 30%提高至 65%以上，大幅增加農業經濟效益。（2）肥效長：控釋肥養分可以根據作物需要持續供應幾個月甚至 2 年，減少人工施肥次數與肥料使用量，達到省肥與省工的效果（3）安全：控制型肥料可以控制釋放肥料養份，因此一次施肥不會傷害作物根系（4）減少能源損失及環境污染：控釋型肥料的肥料能源能供給農作物整個生長期對養分的需求，提高肥料的利用率，因此可以減少能源損失及環境污染，並且達到節能減碳的目標。緩控釋型肥料較化學肥料之優點如圖 1.。

世界新型肥料之消費狀況

在國際市場上控釋型肥料的主要供應國家為美國、加拿大、西歐、以色列、印度和大陸，消費國家主要為原產國以及巴西等。由於控釋型肥料產品不斷被開發出來，市場也逐漸擴大，加上許多農作物種植地區地下水氮的汙染漸漸受到關注，當前工業先進國家化學肥料之消費量已呈現零成長或者負成長的趨勢，然而控釋型肥料的消費量每年則以約 10%的成長趨勢發展。90 年代後期，緩控釋型肥料的年消費總量約為 56 萬噸，僅占化學肥料年消費總量的 0.15%，但到了 2008 年全球緩控釋型肥料的年消費總量約為 120 萬噸，則約占世界化肥總消費量的 1.7%。美國緩控釋型肥料的消費市場約占全球年消費總量的 70%，其中約有 90%施用於非農業市場（高爾夫球場、專用草坪、景觀園藝等），約 10%用於高經濟價值之蔬菜、草莓、紅柿、堅果、柑橘等；日本緩控釋型肥料的消費市場約占全球年消費總量的 20%，其中約有 70%用於水稻，20%用於紅柿、蓮藕等；西歐緩控釋型肥料的年消費市場約占美國總量的 25%，其中約有 90%用於非農業市場（高爾夫球場、專用草坪、苗圃等），約 10%用於高經濟價值之蔬菜、甜瓜、草莓、柑橘

等。美國、西歐及日本等 3 大世界主要控釋型肥料的消費市場，自 2010 年起每年分別以 2.0～3.5%、1.5～2.5%、3.0～4.5%的趨勢成長。 控釋型肥料應用存在的問題

技術高：控釋型肥料的生產技術較傳統肥料複雜，相關設備之研究較少，同時包覆的材料、包覆的技術等，均需投入人力開發。價格高：控釋型肥料須添加控釋材料並須對化肥進行二次加工，固其製造成本和售價都高於傳統肥料(表 2.)，使得控釋型肥料難以在農田推廣應用。

控釋型肥料的發展史

美國控釋型肥料的發展

1960 年代率先研發，是包膜肥料的發源地，90 年代大量用於花卉、草坪、蔬菜、水果，2005 年後控釋型肥料在農業上的應用每年快速增加。台灣肥料市場的「魔肥」等是由美國進口的控釋型肥料。魔肥經由特殊造粒技術製成純白色硬粒之長效性肥料，可在土壤中依土壤中的含肥量與需肥程度，自動釋放肥份，並加以控制，供植物適時的吸收，由於其神奇的肥效，廣為世界園藝界所愛用。售價每公斤約 244 元 5500 元/22.5 公斤)。

日本控釋型肥料的發展 是一個重視環保的國家，幾與美國同步研發控釋型肥料。

不同於美國將控釋

型肥料施用於非農業市場，日本是最早將包膜控釋型肥料施用在水稻田（縣農業試驗場)的國家，約有 90％以上控釋型肥料用於農業市場，年消耗量約 11.9 萬噸，台灣肥料市場的「好康多」等是由日本進口的控釋型肥料。好康多是利用樹脂將高單位速效水溶性肥料包裹成顆粒，遇到水時，水份滲入顆粒內，將肥料溶解，然後受溫度影響，將肥份釋出，供植物根部吸收。自動施肥機制，肥效供應充份又安全，無肥害，無味清潔，不傷肌膚，安全可靠。售價每公斤約 130 元（ 1300 元/10kg ）。

大陸控釋型肥料的發展

1972 年中國科學院南京土壤研究所研製緩控釋肥料。1985 年鄭州工學院成功使用磷酸銨鉀鹽包裹尿素。目前約有 30 項世界專利，並已發展為世界上緩/控釋肥料種類最多的國家，其中以鄭州大學研發之「樂喜施（LUXECOTE ）」較為有名，年產 10 萬噸；「樂喜施」以磷酸銨鉀鹽為包裹層的控釋肥料，在一粒 3 毫米直徑的包裹肥料表面上，形成了多達 100 億個孔徑為 3 奈米的微孔，使核心的養分緩慢釋放，可維持 90-120 天的肥效，取得了中國發明專利與美國專利授權；用於夏玉米一次性全量基肥與常規施肥相比，可節肥 1/3 至 1/2；經水稻一次性基施田間對比試驗表明，可節肥 1/3，已外銷至澳大利亞、美國、新加坡等國家。 台灣控釋型肥料的發展

台灣目前所使用控釋型肥料分別由日本與美國進口，2005 年從日本與美國進口約 1 萬噸，2006 年進口約 7100 噸，2007 年進口約 2200 噸，每年進口約市價新台幣 1 至 3 億元。然而由於外國與我國土壤環境及作物別差異的關係，其養份之

釋放模式往往無法與我國作物生長對養份的需求模式一致，導致施用控釋型肥料之功效大打折扣，因此農委會台南農業改良場與農委會農業試驗所分別於 2006 與 2009 年各組成研究團隊投入控釋型肥料在農田上的試驗研究，包括選擇包覆材料、包覆技術、成型肥料的實驗室水分溶出試驗（圖 2.）、土柱溶出試驗（圖 3.），並進行田間試驗，比較不施肥、慣行化學肥料、初製控釋型肥料與市售控釋型肥料，4 種不同施肥管理下水稻生長之農藝性狀，試驗結果顯示初製控釋型肥料管理之水稻，株高、分蘗數及穗數均優於慣行化學肥料與市售控釋型肥料，而穗重則與慣行化學肥料相當(表 5)。

在追求農產品品質、經濟效益及環境友好的多重目標要求下，研發新型、安全、環保以及高經濟效率的緩控釋型肥料，已被公認為是 21 世紀肥料的發展方向。

表 1. 台灣歷年肥料消耗量與估計損失金額

年度	施用數量(公噸)	價值（千元）	估計損失金額（70%）（千元）
100	1,008,025	10,983,937	7,688,756
101	1,010,722	12,174,233	8,521,963
102	999,908	11,081,692	7,757,184
103	972,277	9,453,794	6,617,656

表 2. 控釋型肥料在世界區域市場的消費（CRFS CONSUMPTION BY WORLD REGION AND MARKET）(1,000 Metric Tons)

Market Sector	United States (2010)	Western Europe (2009)	Japan (2009)
Agricultural Crops	182	14	48
Consumers	133	41	NEG
Professional Markets	370	85	5
Tatol[a]	686	140	53
Projected Average Annual Growth Rate to 2015	2.0-3.5%	1.5-2.5%	3.0-4.5%

[a] Data may not add to totals because of rounding.

Source : Aglndustries estimates

表 3. 傳統複合肥料與包膜控釋型肥料之售價比較

生產者	肥料種類	價格/重量	價格/公斤
台肥公司	（1）號複肥 20-5-10	275 元/40 公斤	7 元
	（5）號複肥 16-8-12	275 元/40 公斤	7 元
	（39）號複肥 12-18-12	340 元/40 公斤	8.5 元
	（43）號複肥 15-15-15-4	385 元/40 公斤	9.6 元
日本	包膜控釋型肥料 好康多 14-12-14	1300 元/10 公斤	130 元
美國	包膜控釋型肥料 魔肥 6-40-6-15	5500 元/22.5 公斤	244 元

表 4. 比較不同施肥管理水稻生長農藝性狀(104 年第 1 期台農 71 號水稻)

肥培管理	株高	分櫱數	穗數	穗重 (kg/50 株)
不施肥	96.0	27	26	1.670
慣行化學肥料	101.0	30	30	2.393
初製控釋型肥料	112.5	33	32	2.342
市售控釋型肥料	106.5	32	31	2.246

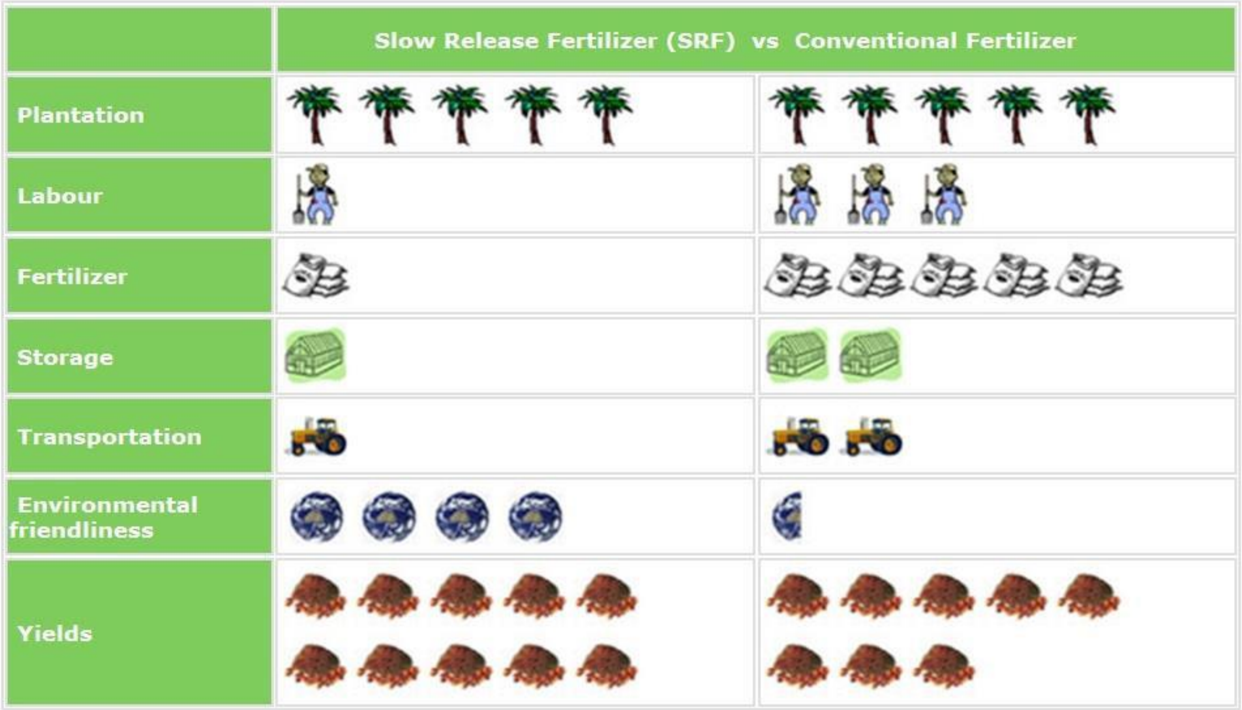


圖 1. 緩控釋型肥料的優點(http://www.cymax.com.my/our_products.asp)

圖 2. 控釋型肥料養分釋出之水浸提法試驗

圖 3. 控釋型肥料養分釋出之土柱淋溶試驗

參考文獻

1. 何文鼎，何浩清，2008，.水稻控釋肥效試驗.。
2. 袁洋，2009，包膜緩控釋肥料用包膜材料的探討，康渥特生態肥業有限公司。
3. 孫家琪，宋學君，孫挺，石元亮，2008，包膜型控釋肥料的研究概況..。
4. 廖松，樊小林，賀訓平.，2001，包膜控釋尿素保肥供肥效果及其機裡的研究【J】.西北科技大學學報，29（6）：13-17.
5. 黎展文，劉濟朝，何文鼎，唐拴虎，2009，水道控釋肥一次性施用技術在廣西藤縣的應用效果研究。
6. Blaylock, A. 2010. Improving Productivity, N-Use Efficiency, and Environmental Sustainability in Broad Acre Agriculture with Controlled- Release Fertilizers. IFA International Conference on Enhanced- Efficiency Fertilizers, Miami, International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
7. Borzacchiello, A.,Ambrosio, L.,Netti, P.A., et al., 2001. Chitosanbased hydrogels: synthesis and haracterization. Journal of Materials Science-Materials in Medicine 12, 861–864.
8. Chissoasahi .2007: The Controlled-Release Fertilizer‘Meister’.Chissoasahi Fertilizer Co. Ltd., Tokyo, Japan.
9. Current world fertilizer trendsand outlook to 2016. Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2012.
10. D. S. Powlson, P. J. Gregory, W. R. Whalley, J. N. Quinton, D. W. Hopkins and A. P. 2011. Whitmore. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services.Food Policy. 36：72-87.
11. Fernández-Pérez, M., Garrido-Herrera, F.J., González-Pradas E.,Villafranca-Sanchez, M., Flores-Céspedes, F., 2008. Lignin and ethyl cellulose as polymers in controlled release formulations of urea. Journal of Applied Polymers Science 108, 3796–3803.
12. Ge, J.J., Wu, R., Shi, X.H., et al., 2002. Biodegradable polyurethane materials from bark and starch. II. Coating material for controlledrelease fertilizer. Journal of Applied Polymer Science 86, 2948– 2952.
13. Halvorson, A.D. and Del Grosso, St.J. 2010. The effect of Enhanced- Efficiency Fertilizers on Nitrous Oxide Emmissions from Various Cropping Systems. IFA International Conference on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Miami. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
14. IFA . 2007: Sustainable Management of the Nitrogen Cycle in Agriculture and Mitigation of Reactive Nitrogen Side Effects. International Fertilizer Industry

Association, Paris,France.
15. Jarosiewicz, A., Tomaszewska, M., 2003. Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51, 413-417.
16. Jintakanon, N., Opaprakasit, P., Petchsuk, A., Opaprakasit, M.,2008. Controlledrelease materials for fertilizer based on lactic acid polymers. Advanced Materials Research 55–57, 905–908.
17. Landels, S. 2010a. Controlled-Release Fertilizers: Expanding their Use Beyond Traditional Markets. New AG International, March 2010,Colmar, France.
18. Landels, S. 2010b. Enhanced-Efficiency Fertilizers: World Market Overview. IFA International Conference on Enhanced-Efficiency Fertilizers, Miami. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
19. Martin E. Trenkel. 1997.Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. Published by the International Fertilizer Industry Association. Paris,
20. M. Fernandez-Perez, M. Villafranca-Sanchez, F. Flores-Cespedes and I. Daza-Fernandez. 2011. Ethylccellulose and lignin as bearer polymers in controlled release formulations of chloridazon. Carbohydrate Polymers. 83：1672-1679.
21. Nge, T., Hori, N., Takemura, A., et al., 2004. Swelling behavior of chitosan/poly(acrylic acid) complex. Journal of Applied Polymer Science 92, 2930–2940.
22. Saigusa M. 2000. Broadcast application versus band application of polyolefin-coated fertilizer on green peppers grown on andisol. Journal of Plant Nutrition, **23**, 1485–1493
23. S. K. Basu, Naveen Kumar and J. P. Srivastava.2010. Modeling NPK release from spherically coated fertilier granules. 18：820-835.
24. Tindall, T.A. and Detrick, J. 1999. Controlled released fertilizer application and use in production agriculture. In Western Canada Agronomy Workshop, July 7-9. Brandon, MB. pp. 93-96.
25. Trenkel M. E. 1997. Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. International Fertilizer Industry Association, Paris .
26. W. J. Mulder, R. J. A. Gosselink and M. H. Vingerhoeds, P.F.H.Harmsen, D. 2011. Eastham. Lignin based controlled release coatings.Industrial Crops and Products.
27. Y. U. Hai-ying, LI Ting-xuan and ZHANG Xi-zhou. 2010. 9. Nutrient Budget and soil nutrient status in greenhouse system. Agricultural Sciences in China.（6）：871-879.